



COMUNE DI
FIUMICINO

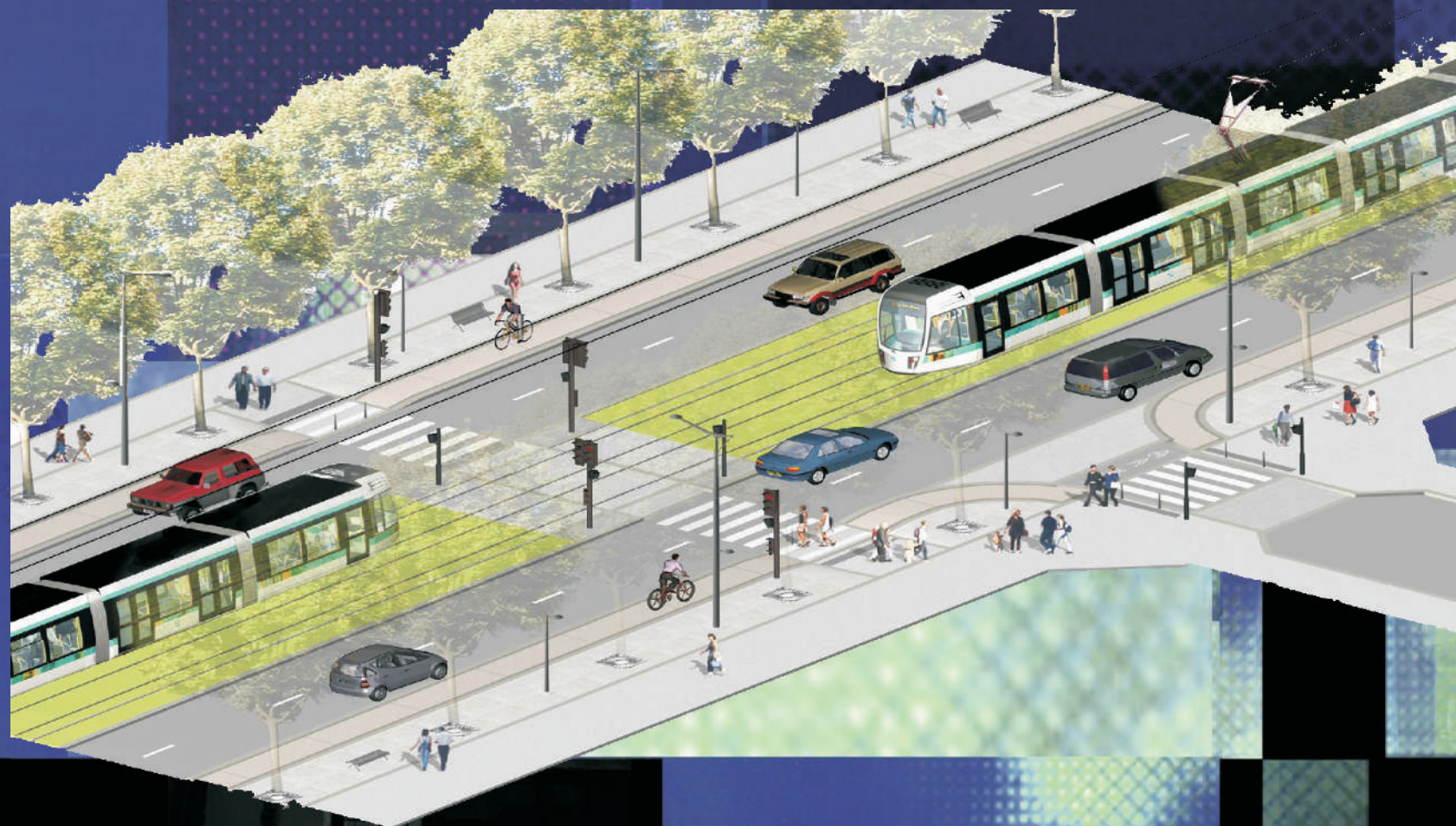


MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE



PROGETTO PILOTA “COMPLESSITÀ TERRITORIALI”

FIUMICINO PORTA DI ROMA



Dicembre 2008

RELAZIONE GENERALE

AZIONE LOCALE

SdF3



GRUPPO DI LAVORO

Responsabile di progetto	Arch. Mario SAURA
Coordinamento progettuale	Ing. Andrea SPINOSA
Idea progettuale	Arch. Fulvio SCAPELLATI Ing. Andrea SPINOSA
Programmazione e pianificazione urbanistica	Arch. Mario SAURA Arch. Paolo ZUCCONI Arch. Luca MARCUCCI Arch. Angiola CEGLIA
Pianificazione e regolazione dei servizi e sistemi di trasporto per la mobilità	Ing. Vincenzo PONZIANI Ing. Loamba BALA Arch. Michelangelo MARINELLI Ing. Maurizio TICCONI Ing. Giulio FILIPPELLO
Economia territoriale e urbana	Dott. Marco MANOVELLI
Valutazione di investimenti finanziari	Dott. Vera KREJCIKOVA
Progettazione paesaggistica e ambientale	Arch. Romano FILIPPELLO Arch. Renato LUCHETTI Dott. Agr. Francesca ARAMINI Ing. Gianluca CIMINO
Esperto in politiche della concertazione	Arch. Pasquale D'AMATO
Aspetti storico - archeologici	Dott. Carmela LALLI
Sistemi informativi geografici per la pianificazione del territorio	Arch. Marta Giulia SCAPELLATI
Progetto grafico	Ing. Andrea SPINOSA Arch. Cinzia VANALI





INDICE

PREMESSA	2
1. UN NUOVO CONCETTO DI MOBILITÀ.....	4
1.1. FATTORI DI CRISI DELLO SCENARIO CONTEMPORANEO	4
1.2. STRATEGIE PER UN NUOVO RUOLO DEL TRASPORTO PUBBLICO	6
2. IL TRASPORTO NELLA CITTÀ DIFFUSA: POSSIBILI SCENARI	7
2.1. LA DISPERSIONE URBANA IN GERMANIA	8
2.2. LA PRESENZA DI INFRASTRUTTURE NELLE REGIONI ITALIANE	8
2.3. IL TRASFERIMENTO MODALE: TEMPI EFFETTIVI E TEMPI PERCEPITI.....	9
3. CASO STUDIO: LA NASCITA DEL TRAM TRENO A KARLSRUHE.....	10
3.1. TRAM E TRENI MERCI: LA TRASFORMAZIONE DELL'ALBTALBAHN.....	10
3.2. OLTRE LE ULTIME BARRIERE CON LA NASCITA DEI MEZZI BITENSIONE.....	12
3.3. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEL MATERIALE ROTABILE.....	13
3.4. IL PANORAMA NORMATIVO E L'APPROCCIO TEDESCO ALLA SICUREZZA	14
4. FERROTRANVIE DI PRIMA GENERAZIONE: IMMAGINI	15
4.1. KARLSRUHE	15
4.2. SAARBAHN	19
4.3. HEILBRONN	21
4.4. KASSEL	23
4.5. NORDHAUSEN.....	28
5. IL TRAM-TRENO	29
5.1. DEFINIZIONE DEL SERVIZIO.....	29
5.2. SISTEMI TRAM-TRENO EFFETTIVI ED IMPROPRI.....	30
5.3. LE INFRASTRUTTURE SUL TERRITORIO	31
5.4. PRINCIPALI OSTACOLI ALLA REALIZZAZIONE.....	33
5.5. LA SCELTA DEL TRAM-TRENO PER LA CITTÀ DIFFUSA.....	35
5.6. LA FUNZIONE NEL SISTEMA MOBILITÀ	35
5.7. CONTRIBUTO SEMANTICO	38
6. REGIONAIL: SOLUZIONI FERROVIARIE INNOVATIVE PER PER TERRITORI ATTRAENTI.....	42
6.1. SCHÖNBUCHBAHN (Regione di Stoccarda, Germania)	43
6.2. RURTALBAHN (Dsitretto di Düren, Germania)	46
6.3. REGIOBAHN KAARST-METTMANN (Regione di Düsseldorf, Germania).....	50
6.4. RIVERLINE CAMDEN-TRENTON (New Jersey, U.S.A)	53
6.5. EUREGIOBAHN (Regione di Acquisgrana, Germania).....	58
6.6. S-BAHN DI LUCERNA E STADTBAHN DI ZUG (Svizzera).....	61
6.7. VOGTLANDBAHN (Regione di Zwickau-Plauen, Germania)	66
6.8. SYNTUS (Regione di Achterhoek, Olanda).....	69

6.9. RegioRail (1) – un fallimento in Francia?.....	72
6.10. RegioRail (2) – dalla Francia all'Italia	72
7. SISTEMI TRAM-TRENO	75
7.1. TOYAMA (Giappone)	75
7.2. ZWOLLE KAMPERLIJNTJE (Paesi Bassi).....	76
7.3. TRAM-TRAIN DE LA RÉUNION (Isola de La Réunion, Francia)	77
7.4. REGIOTRAM DI GRONINGEN (Paesi Bassi).....	81
7.5. LETBANER DI ARHUS (Danimarca).....	88
7.6. OSLOPAKKE 2 (Norvegia).....	90
7.7. IL TRAM-TRENO IN OLANDA	93
7.8. NUOVI SISTEMI FRANCESI.....	102
7.9. REGIOTRAM NISA (Repubblica Ceca/Polonia).....	108
8. CASI STUDIO IN ITALIA	111
8.1. PROBLEMATICHE DA RISOLVERE	112
8.2. MODELLI DI INTEGRAZIONE TRA NUOVE TRANVIE E RETI FERROVIARIE LOCALI IN SARDEGNA.....	113
8.3. BERGAMO E LA TRANVIA DELLE VALLI.....	115
8.4. FERROTRANVIA DI FERRARA.....	117
8.5. TRAM-TRENO NELLA CAPITANATA 2020.....	118
9. TCSP COME INVESTIMENTO TERRITORIALE.....	122
9.1. MODELLO DI BUSINESS DEI TRASPORTI A GUIDA VINCOLATA.....	122
9.2. ANALISI DELLE OPPORTUNITÀ DI MIGLIORAMENTO DELLA REDDITTIVITÀ: FONTI DI RICAVO LEGATE AL CORE BUSINESS.....	123
9.3. ANALISI DELLE OPPORTUNITÀ DI MIGLIORAMENTO DELLA REDDITTIVITÀ: FONTI DI RICAVO NON LEGATE AL CORE BUSINESS.....	126
9.4. MODELLI DI PASSENGER-EXPERIENCE	129
10. NUOVI SCENARI CLIMATICI.....	133
11. QUALITÀ DELL'ARIA E TRAFFICO	158
STUDIO MISA: EFFETTO A BREVE TERMINE DELL'INQUINAMENTO SULLA SALUTE, CASO DI ROMA – PERIODO 1992-97	161
OMS: IMPATTO SANITARIO DEL PM10 E DELL'OZONO IN 13 CITTÀ ITALIANE	166
IMPLICAZIONI DI SANITÀ PUBBLICA.....	169
MECCANISMI BIOLOGICI	169
MORBILITÀ PER CAUSE CARDIACHE E RESPIRATORIE.....	170
SUSCETTIBILITÀ INDIVIDUALE	170
LA SITUAZIONE DELL'AREA METROPOLITANA ROMANA	170
CARCINOGENESI DEGLI IDROCARBURI.....	183
QUALITÀ DELL'ARIA E SALUTE: BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	187



PREMESSA

Il 25 settembre 1992 il primo vero sistema tram-treno al mondo entra in servizio a Karlsruhe¹, nel sud della Germania: collegare la regione del Baden-Wuttemberg mediante l'uso combinato di rete tranviaria urbana e ferrovia, condivise da treni e veicoli tranviari bimodali, avrebbe costituito l'origine di una effettiva rivoluzione nella progettazione del trasporto suburbano.

Dopo solo tre giorni dall'entrata in servizio la nuova linea per Bretten, fino ad allora faticosamente mantenuta sul livello di mille passeggeri al giorno, supera quota diecimila utenti: per accompagnare l'incredibile e continuo aumento della domanda locale, la rete continua ad espandersi incessantemente, fino a raggiungere Forchbach, ad 80 km di distanza nel cuore della Foresta Nera.

Oggi la rete regionale supera i 400 km di estensione e realizza cinque milioni di km-treno all'anno: mentre nel resto della Germania e dell'Europa le statistiche di traffico mostrano una preoccupante tendenza alla stagnazione, il numero di utenti del trasporto pubblico nella regione di Karlsruhe continua ad aumentare a ritmi sorprendenti, dai 100 milioni di passeggeri del 1995 ai 150 milioni del 2001, mantenendo al contempo un ottimo livello di remuneratività.

L'origine del progetto può essere ricondotta ad uno scenario di mobilità comune e delineatosi fin dagli anni cinquanta: oltre un terzo delle auto bloccate nelle vie di Karlsruhe provenivano dai più lontani sobborghi della regione ed i loro occupanti, in genere, non erano disposti ad arrivare in treno nella decentrata stazione e poi salire sul tram. L'unica speranza per trattenere queste auto fuori dalla città risiedeva nell'eliminare il fastidioso trasbordo: in altri termini, il tram doveva essere capace di andare a raccogliere passeggeri proprio in prossimità delle loro case, anche nel bel mezzo della campagna, e portarli il più vicino possibile alla loro destinazione, lavorativa o di svago, nel centro cittadino.

Da questa necessità, straordinariamente diversa rispetto a quanto fino ad oggi contemplato nella progettazione dei trasporti pubblici ma allo stesso tempo profondamente attuale, nasce l'invenzione del tram bitensione; dopo numerose difficoltà, tecniche ma soprattutto normative, i tram bitensione gialli e rossi di Karlsruhe giungono nel 1992 alla piena operatività ed, allo stesso tempo, all'attenzione di tutta l'Europa. La flotta dei veicoli bitensione, articolati di tre casse su quattro carrelli, è passata nel tempo da dieci unità ad oltre un centinaio, tra cui i curiosi veicoli Bistrot dotati di servizi di caffetteria a bordo, ed attraversa con successo le campagne attorno a Karlsruhe: oltre il 40% degli attuali utenti dichiara di aver preferito coscientemente l'utilizzo del tram a quello della propria auto.

¹ Karlsruhe è una città extracircondariale del Baden-Württemberg, in Germania. Dopo Stoccarda e Mannheim, è la terza città più grande del Land.

Eliminare il trasbordo fra treno e tram non rappresenta però l'unico vantaggio di un sistema tram-treno: il peso contenuto del materiale rotabile garantisce prestazioni molto elevate sia in accelerazione che in frenatura, permettendo di ottenere un gran numero di fermate lungo il percorso mantenendo tempi di percorrenza competitivi col trasporto individuale.

Le stesse strutture di fermata, di tipologia tranviaria e non ferroviaria, sono semplici da realizzare quindi collocabili liberamente lungo tutto il percorso, in prossimità dei bacini di utenza, rendendo il servizio molto attraente; il costo dei veicoli, di molto inferiore a quello di piccoli convogli ferroviari, rende infine possibile mantenere una buona frequenza di servizio con investimenti compatibili con la reale disponibilità di centri di piccole dimensioni. La fortissima competitività del modello Karlsruhe può essere meglio espressa dalla cronaca del recente arrivo del servizio a Heilbronn: progettata per attestarsi nella stazione della Deutsche Bahn, la linea verrà invece estesa fin nel cuore del centro storico, dietro fortissima domanda degli stessi abitanti, riportando dopo decenni i binari nelle strade cittadine.



La reale competitività del servizio tram-treno, dimostrata anche dalla sua più recente applicazione alle reti di Saarbrücken e Kassel, lo rende oggetto di doverosa attenzione ed interesse, soprattutto nell'attuale fase di riflessione strategica sul ruolo della mobilità; il valore del modello Karlsruhe è inoltre confermato dall'attenzione che stampa, grandi gestori di rete e soprattutto il mercato stanno dimostrando verso questa storia di successo.

Oltre al valore insito nel riavvicinamento, tecnico e culturale, di due mondi paralleli come ferrovia e tranvia, il tram-treno costituisce anche una visione radicalmente nuova della potenzialità della tanto desiderata cura del ferro: esso si va a confrontare con lo scenario principe della crisi della mobilità, quello suburbano, fino ad oggi affrontato con poca incisività, operando sul piano di una effettiva competitività in termini economici e di qualità del servizio.

Un'analisi dello stato dell'arte nei sistemi tram-treno non può quindi trascurare la sua importanza come soluzione di valore all'interno del più ampio dibattito sulla gestione delle aree suburbane; il governo delle mega urban regions, entità di difficile definizione ma allo stesso tempo sempre più importanti nell'economia territoriale europea, trova infatti uno dei suoi cardini proprio nella gestione del sistema della mobilità, elemento fondante ed allo stesso tempo forte generatore di criticità funzionali, ambientali e sociologiche.



Definire il tram-treno attraverso una rapida analisi della natura delle aree suburbane significa verificare il reale valore del legame tra sistema di trasporto e scenario, indagando sulla presenza, accanto al valore funzionale, di altre e più profonde corrispondenze; riconoscere un valore meta-funzionale all'impianto di una soluzione di trasporto pubblico vuol dire prendere semplicemente atto del suo effetto su un panorama estremamente delicato ed ancora poco definito, quello che va sotto il nome di città diffusa.

La profonda relazione che nelle più recenti realizzazioni europee viene tracciata tra il tram-treno ed il multiforme panorama suburbano classificabile come città diffusa va oltre una valutazione di opportunità trasportistica ed economica, chiamando in causa esigenze più profonde ed allo stesso tempo urgenti.

Osservando la riflessione architettonica e sociologica ancora in fieri, sembra possibile sfruttare ciò che spesso è ostacolo, ovvero il forte ruolo morfogenico di una linea tranviaria, come opportunità di caratterizzazione di un panorama altrimenti ignorato. Un tale approccio implica il condensarsi nella componente maggiormente visibile, ovvero il veicolo, del ruolo di simbolo della modificazione, di chiave di lettura di un nuovo territorio e quindi di espressione della sua identità.

Il modello Karlsruhe che rappresenta una delle novità recenti più incisive nel panorama dei modi di trasporto pubblico, non solo perché significativo passo verso l'integrazione di due mondi culturalmente paralleli, ma soprattutto perché capace di rispondere ad esigenze di mobilità finora non soddisfatte sta attraversando una veloce trasformazione – nelle più recenti realizzazioni spagnole e ancor più nei veicoli di terza generazione in adozione in Francia: attraverso un'estesa analisi degli elementi di competitività, funzionali e comunicativi, del servizio tram-treno in uno scenario diffuso, si è ormai conclusa la necessaria verifica degli ostacoli ancora esistenti, in particolare riguardo al veicolo. Le soluzioni progettuali alle più significative barriere poste all'espressione delle potenzialità del sistema, individuate attraverso il confronto tra l'analisi dei requisiti e l'offerta di mercato, offrono reali opportunità di materializzare il rapporto tra veicolo e territorio in un connubio assolutamente non raggiungibile con altre modalità di trasporto.

L'integrazione di nuovi standard di sicurezza passiva in un sistema prodotto tranviario diviene allora ricerca di un'architettura, tipica della realizzazione delle due estremità del veicolo, tale da conciliare un elevato livello di personalizzazione formale con un forte contenimento dei costi nell'intero ciclo di vita. Anche la definizione di un sistema porta a geometria variabile, possibile soluzione volta alla realizzazione di accesso sicuro ed a raso nelle difficili condizioni tipiche di un tracciato promiscuo, è occasione per unire l'efficienza funzionale all'espressività di una nuova dinamica dei movimenti.

1. UN NUOVO CONCETTO DI MOBILITÀ

Il 25 settembre 1992 il primo vero sistema tram-treno al mondo entra in servizio a Karlsruhe, nel sud della Germania: collegare la regione del Baden-Wuttemberg mediante l'uso combinato di rete tranviaria urbana e ferrovia, condivise da treni e veicoli tranviari bimodali, avrebbe costituito l'origine di una effettiva rivoluzione nella progettazione del trasporto suburbano.

Dopo solo tre giorni dall'entrata in servizio la nuova linea per Bretten, fino ad allora faticosamente mantenuta sul livello di mille passeggeri al giorno, supera quota diecimila utenti: per accompagnare l'incredibile e continuo aumento della domanda locale, la rete continua ad espandersi incessantemente, fino a raggiungere Forchbach, ad 80 km di distanza nel cuore della Foresta Nera.

Oggi la rete regionale supera i 400 km di estensione e realizza cinque milioni di km-treno all'anno: mentre nel resto della Germania e dell'Europa le statistiche di traffico mostrano una preoccupante tendenza alla stagnazione, il numero di utenti del trasporto pubblico nella regione di Karlsruhe continua ad aumentare a ritmi sorprendenti, dai 100 milioni di passeggeri del 1995 ai 150 milioni del 2001, mantenendo al contempo un ottimo livello di remuneratività.

L'origine del progetto può essere ricondotta ad uno scenario di mobilità comune e delineatosi fin dagli anni cinquanta: oltre un terzo delle auto bloccate nelle vie di Karlsruhe provenivano dai più lontani sobborghi della regione ed i loro occupanti, in genere, non erano disposti ad arrivare in treno nella decentrata stazione e poi salire sul tram. L'unica speranza per trattenere queste auto fuori dalla città risiedeva nell'eliminare il fastidioso trasbordo: in altri termini, il tram doveva essere capace di andare a raccogliere passeggeri proprio in prossimità delle loro case, anche nel bel mezzo della campagna, e portarli il più vicino possibile alla loro destinazione, lavorativa o di svago, nel centro cittadino.

Da questa necessità, straordinariamente diversa rispetto a quanto fino ad oggi contemplato nella progettazione dei trasporti pubblici ma allo stesso tempo profondamente attuale, nasce l'invenzione del tram bitensione; dopo numerose difficoltà, tecniche ma soprattutto normative, i tram bitensione gialli e rossi di Karlsruhe giungono nel 1992 alla piena operatività ed, allo stesso tempo, all'attenzione di tutta l'Europa. La flotta dei veicoli bitensione, articolati di tre casse su quattro carrelli, è passata nel tempo da dieci unità ad oltre un centinaio, tra cui i curiosi veicoli Bistrot dotati di servizi di caffetteria a bordo, ed attraversa con successo le campagne attorno a Karlsruhe: oltre il 40% degli attuali utenti dichiara di aver preferito coscientemente l'utilizzo del tram a quello della propria auto.

Eliminare il trasbordo fra treno e tram non rappresenta però l'unico vantaggio di un sistema tram-treno: il peso contenuto del materiale rotabile garantisce prestazioni molto elevate sia in accelerazione che in frenatura, permettendo di ottenere un gran numero di fermate lungo il percorso mantenendo tempi di percorrenza competitivi col trasporto individuale.

Le stesse strutture di fermata, di tipologia tranviaria e non ferroviaria, sono semplici da realizzare quindi collocabili liberamente lungo tutto il percorso, in prossimità dei bacini di utenza, rendendo il servizio molto

attraente; il costo dei veicoli, di molto inferiore a quello di piccoli convogli ferroviari, rende infine possibile mantenere una buona frequenza di servizio con investimenti compatibili con la reale disponibilità di centri di piccole dimensioni. La fortissima competitività del modello Karlsruhe può essere meglio espressa dalla cronaca del recente arrivo del servizio a Heilbronn: progettata per attestarsi nella stazione della Deutsche Bahn, la linea verrà invece estesa fin nel cuore del centro storico, dietro fortissima domanda degli stessi abitanti, riportando dopo decenni i binari nelle strade cittadine.

La reale competitività del servizio tram-treno, dimostrata anche dalla sua più recente applicazione alle reti di Saarbrücken e Kassel, lo rende oggetto di doverosa attenzione ed interesse, soprattutto nell'attuale fase di riflessione strategica sul ruolo della mobilità; il valore del modello Karlsruhe è inoltre confermato dall'attenzione che stampa, grandi gestori di rete e soprattutto il mercato stanno dimostrando verso questa storia di successo.

Oltre al valore insito nel riavvicinamento, tecnico e culturale, di due mondi paralleli come ferrovia e tranvia, il tram-treno costituisce anche una visione radicalmente nuova della potenzialità della tanto desiderata cura del ferro: esso si va a confrontare con lo scenario principe della crisi della mobilità, quello suburbano, fino ad oggi affrontato con poca incisività, operando sul piano di una effettiva competitività in termini economici e di qualità del servizio.

Un'analisi dello stato dell'arte nei sistemi tram-treno non può quindi trascurare la sua importanza come soluzione di valore all'interno del più ampio dibattito sulla gestione delle aree suburbane; il governo delle mega urban regions, entità di difficile definizione ma allo stesso tempo sempre più importanti nell'economia territoriale europea, trova infatti uno dei suoi cardini proprio nella gestione del sistema della mobilità, elemento fondante ed allo stesso tempo forte generatore di criticità funzionali, ambientali e sociologiche.

Definire il tram-treno attraverso una rapida analisi della natura delle aree suburbane significa verificare il reale valore del legame tra sistema di trasporto e scenario, indagando sulla presenza, accanto al valore funzionale, di altre e più profonde corrispondenze; riconoscere un valore meta-funzionale all'impianto di una soluzione di trasporto pubblico vuol dire prendere semplicemente atto del suo effetto su un panorama estremamente delicato ed ancora poco definito, quello che va sotto il nome di città diffusa.

1.1. FATTORI DI CRISI DELLO SCENARIO CONTEMPORANEO

Come evidenziato dall'Unione Europea sia nel *libro verde* 1992 che nel *libro bianco* del 2001, anche a livello politico l'*inefficienza strutturale* del sistema della mobilità contemporaneo, ed in particolare di quello suburbano, appare come una *condizione difficilmente accettabile* per il prossimo futuro. Lo stretto legame che intercorre tra il sistema della mobilità e l'assetto economico, sociale ed ambientale di un territorio rendono di *vitale importanza* la ricerca di soluzioni alternative ad una configurazione che oggi presenta scarsa efficienza funzionale, elevati costi esterni ed ambientali, pesanti ricadute sociali.





INEFFICIENZA FUNZIONALE. La quantità di risorse, in particolare energetiche ma conseguentemente anche monetarie, utilizzate per la movimentazione di merci e persone nel sistema territoriale urbano è sicuramente troppo elevata, con pesante aggravio dei costi collettivi e progressiva perdita di competitività.

Classi di durata				
durata media del viaggio	15'	45'	75'	
consumo per unità di tempo	1,20	1,00	0,80	
durata equivalente	18'	45'	60'	
Ponderazione mezzo		Costo della mobilità		
a piedi	0,00	0	0	0
autobus	0,33	13	33	44
auto (conducente)	1,00	40	100	133
motocicletta	0,33	13	33	44
auto (passeggero)	0,00	0	0	0
treno, tram, metropolitana	0,20	8	20	27

Fig. 1. Valore di impatto equivalente per individuo trasportato, in riferimento al consumo di un'automobile per un viaggio di 45', considerato unitario.

Il sistema oggi diffuso inoltre, basato prevalentemente sul trasporto privato su gomma, non solo pesa sulle tasche del singolo e della collettività, ma non garantisce neanche prestazioni adeguate. L'efficienza globale del sistema della mobilità non si può infatti raggiungere affidandosi ad una sola soluzione tecnologica, soprattutto quando la modalità di trasporto in questione, quella individuale, presenta i più alti costi assoluti (fig. 1).

I dati riportati, seppure elaborati nell'ipotesi di percentuali di occupazione molto basse dei mezzi collettivi, forniscono un primo riferimento quantitativo alla comprensione dell'inefficienza energetica del sistema automobilistico. Simili conclusioni possono essere raggiunte anche più intuitivamente considerando che, per un veicolo di dimensioni medie, il rendimento dell'intero processo di generazione del moto si attesta intorno al 30%; sul totale della potenza generata, inoltre, circa un terzo viene utilizzato per servizi elettrici ausiliari ed un altro terzo viene dissipato nel trasferimento del moto agli organi di trazione.

Risulta ancor più interessante valutare come il peso di un autoveicolo vari generalmente tra 500 e 1.500 kg, per un valore medio di una tonnellata, mentre il suo carico massimo di passeggeri raggiunge raramente i 400 kg: nelle condizioni di uso comune, con una media di 1,2 passeggeri a veicolo, il rapporto tra peso del veicolo e peso dei passeggeri raggiunge livelli di 20:1.

Il rilevante impiego di energia legato all'uso dell'automobile, perlopiù dispersa sotto forma di calore e quindi non recuperabile, non solo è in gran parte speso per la movimentazione del mezzo stesso, ma

riesce a garantire, nella pratica, una velocità commerciale nel centro urbano di soli 7 km/h, con punte di 68 km/h nei percorsi extraurbani.

- COSTI ESTERNI AMBIENTALI.** Il trasporto automobilistico genera costi esterni particolarmente elevati:
- costi monetari diretti, a carico del singolo utente e della collettività, dovuti ad acquisto e manutenzione di mezzi di trasporto costosi e che vengono sfruttati solo al minimo della loro potenzialità, alla costruzione ed alla manutenzione di una rete viaria molto estesa, ad un sistema assicurativo che deve coprire sinistri abbastanza frequenti;
 - costi monetari indiretti, ovvero quelli legati all'inquinamento atmosferico ed acustico, con ricadute non solo sull'ecosistema, sul clima e sull'agricoltura, ma anche sui costi del sistema sanitario e previdenziale, e quelli relativi al gran numero di decessi dovuti proprio alla scarsa sicurezza del sistema.
 - costi ambientali e territoriali, cioè quelli derivanti dal cospicuo utilizzo di suolo per le varie funzioni del sistema: si stima che in città lo spazio dedicato a traffico e parcheggio, escludendo quindi aree pedonali o ciclabili, arrivi a costituire dal 40 al 60 % del totale.

L'alto consumo di spazio da parte dell'automobile, escludendo dal calcolo le pur necessarie aree adibite a parcheggio, può essere rilevato tramite il seguente confronto:

Modo di trasporto	Passeggeri	Velocità (Km ²)	Suolo / passeggero (m ²)
Piedi	1	5	0,8
Bicicletta	1	10	3
Automobile	5	10	6,2
	1	40	60
Autobus	60	10	3,1
	20	40	28,1

Fig. 2. Occupazione del suolo in relazione alla tipologia del mezzo ed al suo utilizzo.

La voracità di suolo del sistema automobilistico, come analizzato diffusamente in letteratura, risulta ancora più rilevante aggiungendo la *quantità necessaria per la sosta*, ovvero per la condizione in cui mediamente un'automobile permane per il 97% del tempo: si tratta di 17 m² per un'automobile di medie dimensioni, ovvero *la metà dello spazio abitativo medio* di un cittadino europeo².

La quantità di suolo occupata per una tale configurazione del sistema di trasporto non è ammissibile sia per i *rilevanti costi economici* che per gli *effetti negativi* che strutture morte hanno sull'assetto urbanistico,

² Risulta significativo anche osservare come l'area occupata da un raccordo autostradale a quadrifoglio potrebbe allo stesso tempo accogliere un centro storico di medie dimensioni, ad esempio quello di Lione, con circa 6000 abitanti, 400 negozi, edifici pubblici e strade.



territoriale, paesaggistico ed ambientale, senza per altro garantire quella libertà ed efficacia di movimentazione di cui la società odierna ha sempre più bisogno. Il sistema di trasporto individuale risulta quindi *insoddisfacente per prestazioni, tempi, costi e ricadute sul contesto*: nonostante il suo forte radicamento culturale e la sua importanza in termini di filiera industriale, peraltro decrescente, esso deve necessariamente lasciare spazio ad alternative eventualmente più valide.

Esempio:

Si supponga di dover trasferire, in un contesto abitato ed in orario di punta, 8000 passeggeri in un'ora in una sola direzione, quota ben raggiungibile ipotizzando la presenza lungo un percorso di un discreto numero di uffici, scuole e fabbriche; un sistema di metropolitana leggera o tranviario può soddisfare la domanda con l'impiego di rotabili da 250 posti per 32 viaggi ad una frequenza di poco meno di due minuti. La stessa quota di passeggeri sarebbe invece soddisfatta dal traffico veicolare privato, supponendo un'occupazione media per veicolo di 1,6, solamente utilizzando un'autostrada a tre corsie per senso di marcia [17] su cui transitassero 5000 veicoli. Il numero di veicoli scende a 1600 nell'ipotesi, molto remota, di una totale occupazione dei posti a bordo, mentre volendo valutare la capacità del sistema collettivo nei termini dei soli posti a sedere, il numero di transiti necessari raddoppia: anche rendendo il confronto più favorevole nei confronti della modalità individuale, il risultato non cambia.

In termini di occupazione del suolo, e quindi di impatto ambientale e di costo economico, una sede tranviaria a doppio binario può occupare massimo 8 metri, mentre la corrispondente infrastruttura automobilistica richiede fino a 20 metri, senza contare le rampe di accesso e gli svincoli, il che si traduce in costi più che raddoppiati per eventuali tratti in viadotto o tunnel.

A tutto ciò va aggiunta una considerazione di fondamentale importanza: mentre i 32 trasferimenti tranviari vengono effettuati utilizzando mezzi collettivi, che quindi continuano poi a circolare rimanendo a disposizione di altri utenti, nel caso del trasporto automobilistico la selva di 5000 veicoli necessita di spazi appositi per la sosta sia alla partenza che all'arrivo, per un totale di circa 17 ettari di terreno.

Naturalmente l'esempio tratta carichi estremi e situazioni *difficilmente riscontrabili* concentrate su un unico asse viario, ma dal confronto delle situazioni limite si può evincere come, in corrispondenza di consistenti direttrici di traffico, una linea di forza su ferro ben progettata sia in grado di riequilibrare la ripartizione modale risolvendo i problemi di congestione.

La presenza di un panorama territoriale e trasportistico come quello odierno ha anche *pesanti ricadute di carattere sociale*: la presenza di forti elementi di cesura sul territorio ed il conseguente aumento, percettivo ed effettivo, delle distanze reciproche unito ad una forte percezione di insicurezza sulla possibilità e soprattutto sui tempi di ogni trasferimento pongono sempre più individui in una condizione di rinuncia ed isolamento.

Gli spazi aperti, dedicati al solo transito veicolare, diventano *vuoti e soggetti a degrado ambientale e sociale*, mentre intere aree subiscono processi di marginalizzazione; la trasformazione delle piazze in

parcheggi è emblematica di un assoggettamento dell'intera struttura urbana ad un bene strumentale, oramai onnipresente. Rimane infine da ricordare come la realizzazione degli spazi per la viabilità e la modificazione del paesaggio causa la crescente dotazione infrastrutturale siano fra le maggiori cause della dissoluzione del tessuto sociale urbano i cui caratteri e le cui conseguenze sono state precedentemente analizzate.

1.2. STRATEGIE PER UN NUOVO RUOLO DEL TRASPORTO PUBBLICO

Nessun singolo modo di trasporto sarà in grado di soddisfare il crescente bisogno di mobilità delle città del prossimo futuro; sono sempre più numerose le realtà urbane che riconoscono come una rete di trasporto pubblico integrata e coordinata sia essenziale per garantire lo standard di vita elevato che i loro cittadini chiedono.

Secondo l'UITP³ il panorama odierno si caratterizza per:

- città con popolazioni disperse, le quali generano una domanda sempre più grande e diversificata; un forte aumento nei viaggi dalla regione ai sobborghi e dalla regione al centro;
- una rete stradale cresciuta enormemente per sopperire a politiche di pianificazione sempre meno legate alle logiche di una rete radiale di trasporto pubblico;
- un aumento del potere d'acquisto medio, che si è materializzato nell'aumento del parco vetture circolante, e nuovi stili di vita che hanno aumentato la quota di viaggi dedicati agli acquisti ed al divertimento.

In un contesto economico fortemente orientato al servizio il mercato richiede soluzioni di trasporto diverse e flessibili tra cui scegliere: i cittadini non chiedono solamente mobilità efficiente, ma anche dotata di elevati standard di qualità.

Allo stesso tempo la gran parte delle attuali reti ferroviarie, metropolitane e tranviarie sono state costruite quando la gran parte dei viaggi era costituita di spostamenti fissi ed abitudinari, come il pendolarismo; oggi, in uno scenario di itinerari totalmente diverso, gli operatori possono acquisire competitività solo puntando su flessibilità, integrazione e qualità.

Per offrire una reale alternativa all'automobile il trasporto pubblico deve raggiungere tempi di trasferimento porta a porta competitivi, rendendo ad esempio il viaggio più continuo possibile, senza interruzioni. La continuità, fisica ed operativa, del servizio può esistere anche in uno scenario fatto di servizi multipli e di diversi operatori, ma è fondamentale assicurare coerenza e facilità nell'uso della rete. Una corretta politica di coerenza deve includere servizi su ferro e su gomma così come forme più flessibili, ad esempio taxi collettivi, car-sharing o servizi speciali per i disabili; il loro governo avviene

³ International organisation for public transport authorities and operators.



tramite una pianificazione a livello regionale, possibilmente integrata con interventi urbanistici volti al controllo dell'incremento di domanda.

La coerenza deve caratterizzare infatti anche il rapporto tra pianificazione urbanistica e progettazione dei trasporti, adottando anche politiche restrittive e favorendo, ad esempio, una certa densificazione in zone già servite. La maggiore efficienza e facilità d'uso della rete può essere invece ottenuta attraverso una scelta dei singoli modi di trasporto attenta alle relative potenzialità e caratteristiche, accompagnata da una forte visione d'insieme che ponga le basi per l'integrazione mediante la progettazione dei nodi di interscambio. In sintesi, i fattori chiave per una nuova competitività sono:

a) IL RUOLO DEL FERRO

Le reti infrastrutturali caratterizzate dall'esercizio di ferrovie, metropolitane e tranvie possiedono caratteristiche tali da diventare la spina dorsale di un sistema di trasporti integrato. Per anni le reti ferroviarie regionali e urbane sono state progettate per portare un gran numero di persone da e verso il luogo di lavoro; la gran parte di esse è stata sviluppata a partire da linee radiali che servivano il centro cittadino, ma il loro ruolo è stato limitato dalla loro incapacità di integrarsi col tessuto urbano.

Questa fase è definitivamente conclusa e l'alta capacità non è più il solo parametro per una rete su ferro efficiente, molte linee ferroviarie sono state trasformate ed hanno assunto carattere urbano, assumendo una funzione preminente nel riassetto del sistema della mobilità urbana. L'importanza strategica del ruolo del ferro nell'economia trasportistica di un'area è dettata sia dalla grande capacità, sia dalla forte attrattività che, grazie a confort maggiore, velocità e natura dei mezzi, i servizi su rotaia possiedono nei confronti del pubblico.

b) QUALITÀ DELL'INTERSCAMBIO

Il confort e l'attrattività del trasporto pubblico dipendono in gran parte dalla qualità dei trasferimenti all'interscambio tra diversi modi di trasporto o con l'automobile: i trasferimenti sono infatti un fattore decisivo nella scelta del trasporto.

Come prima cosa, è fondamentale il coordinamento degli orari, al fine di ridurre al minimo i tempi di attesa, percepiti dai passeggeri come un'interruzione nel loro viaggio; quando l'attesa all'interscambio è inevitabile, le stazioni devono diventare spazi vivibili, integrati nel contesto circostante, con attività sempre aperte, servizi informazioni e di vendita biglietti e, in aggiunta, ogni tipo di servizio accessorio di vendita o ristorazione.

Interscambi ben progettati possono diventare nodi vitali nella loro area urbana, come dimostrato nei casi, differenti fra loro, di Vancouver, Madrid e Karlsruhe. Una delle formule più efficaci in questo contesto è quella del park & ride, soluzione che permette la focalizzazione su linee di forza del traffico privato proveniente da aree diffuse, che viene concentrato all'ingresso dell'area maggiormente concentrata

garantendo anche un aumento del flusso passeggeri tale da dare giustificazione degli ingenti investimenti infrastrutturali.

c) INFORMAZIONE

Se la natura dei viaggi è oggi sempre più lontana dalla regolarità del pendolarismo, allora è ancora più necessaria una forte politica di informazione; tutti i mezzi, quelli tradizionali come la segnaletica o quelli innovativi basati sulle reti informatiche devono essere utilizzati con il fine di rendere il più possibile comprensibile e visibile l'offerta di trasporto pubblico: dati sperimentali [18] dimostrano che il 21% di tutti gli spostamenti urbani non vengono effettuati col servizio pubblico a causa di informazione inadeguata.

Altri punti fondamentali sono integrazione e semplificazione tariffaria, che svincola l'uso di un servizio da una serie di passaggi informativi relativi alla tariffa altrimenti costitutivi di un'ulteriore barriera. L'uso di smart cards o biglietti elettronici può essere un'efficace soluzione al problema, dotata inoltre di un grande potenziale di immagine accessorio.

2. IL TRASPORTO NELLA CITTÀ DIFFUSA: POSSIBILI SCENARI

La scelta di un modo di trasporto è un processo delicato e complesso: se le caratteristiche tecniche e trasportistiche di ogni tecnologia sono abbastanza chiare, lo scenario di applicazione e le dinamiche della domanda sono invece molto difficili da analizzare.

Il processo di pianificazione di un sistema di trasporti parte quindi dall'analisi della domanda di mobilità da soddisfare e giunge all'implementazione di una rete integrata, mediante l'applicazione di strumenti statistici e di simulazione dei flussi di traffico. Lo studio è solitamente compito delle agenzie locali per la mobilità, enti amministrativi il cui operato risponde a legislazioni nazionali, corrispondenti ad esempio in Italia al Piano Nazionale dei Trasporti. L'importanza di una corretta pianificazione risiede non soltanto nella sua capacità di rispondere ai bisogni istantanei di un'area, ma anche nel saper prevedere i suoi sviluppi futuri e guidarli nell'ottica di una pianificazione generale del sistema regionale.

Un piano relativo ai trasporti pubblici deve quindi prendere in considerazione le dinamiche generali del traffico veicolare così come le tendenze di sviluppo di un territorio. Solo le grandi città sono riuscite negli ultimi decenni a dotarsi di strumenti di pianificazione quali ad esempio il Piano Urbano del Traffico; nella gran parte dei casi lo sviluppo del sistema dei trasporti è stato caratterizzato da interventi puntuali correttivi privi di una visione d'insieme a lungo termine.

Nel contesto della città diffusa la deregolamentazione urbanistica che ha caratterizzato lo sviluppo edilizio si è manifestata anche in termini di assenza di una visione territoriale relativa alla mobilità, sebbene questa sia condizione alla base per lo sviluppo della tipologia stessa di insediamento.



Una logica basata sull'intervento a valle si è concretizzata nella realizzazione di infrastrutture insufficienti o, al contrario, sovradimensionate, ma in ogni caso incapaci di creare una rete efficiente sul territorio; nella gran parte dei casi inoltre, anche per motivi di carattere economico, la rete di trasporti è stata disegnata con un fortissimo sbilanciamento modale a favore del mezzo privato; se al continuo incremento della mobilità individuale si aggiunge una occupazione media dei veicoli tendente al valore unitario, è logico pensare che il ricorso alla creazione di nuove infrastrutture sia nella realtà una lotta senza fine.

Considerato lo scarso interesse che ha caratterizzato la seconda metà del secolo scorso, l'esistenza e la natura della rete di trasporti pubblici in un'area di recente urbanizzazione è solitamente determinata dalla dotazione avuta in eredità dalla prima metà del ventesimo secolo; la quantità e la tipologia di infrastrutture presenti ed il loro modo di utilizzo dà origine ad una grande serie di scenari possibili. Esiste infatti un legame molto forte tra il fenomeno di dispersione degli insediamenti sul territorio e la dislocazione di infrastrutture e di poli produttivi: secondo questo modello è possibile analizzare e comprendere molte delle dinamiche territoriali europee.

2.1. LA DISPERSIONE URBANA IN GERMANIA

In Germania l'insediamento di siti industriali si lega biunivocamente alla presenza di una vasta rete ferroviaria riservata al trasporto merci, a causa della tipologia merceologica dei comparti maggiormente presenti nell'economia tedesca, alle dimensioni delle realtà produttive ed al momento storico corrispondente alla prima massiccia industrializzazione; la diffusione di nuovi nuclei residenziali sul territorio è spesso causa dell'adeguamento di tali reti anche al trasporto passeggeri, servizio la cui presenza è a sua volta volano di relativa densificazione nelle aree meglio servite.

La progressiva crescita degli insediamenti suburbani vede però il tessuto urbano svilupparsi sempre più lontano da binari e stazioni, per ovvii motivi di ordine ambientale, e le stesse stazioni frequentemente ricollocate in aree sempre più periferiche, mentre il sistema di mobilità si riconfigura attorno all'automobile. Il completamento della rete di trasporto pubblico richiederebbe quindi una buona integrazione della presenza ferroviaria con servizi automobilistici di distribuzione all'interno dei diversi centri, ma la scarsa disponibilità economica delle singole municipalità, l'instabilità della domanda e la difficile coesistenza col traffico privato rendono spesso impossibile offrire un servizio di questo tipo e dotato di buona qualità.

Nelle aree urbane di maggiori dimensioni il modello tedesco, basato sulla presenza di ferrovie urbane chiamate S-Bahn e di servizi di distribuzione, si dimostra molto efficiente ed economicamente competitivo; la struttura dei costi non è però sostenibile in presenza di realtà urbane meno concentrate. Per questo motivo all'investimento nel servizio ferroviario le piccole municipalità preferiscono uno sforzo

congiunto per la creazione di linee automobilistiche a lunga percorrenza, parallele ai binari ma capaci di attraversare i nuclei abitati e di portare con più probabilità l'utente vicino alla destinazione.

Le caratteristiche del servizio e la natura dei mezzi impiegati rendono la soluzione debole sotto vari punti di vista: la capacità della linea è insufficiente rispetto alla domanda nelle ore di punta, mentre in quelle di morbida le frequenze sono troppo basse; esso risulta inoltre fortemente dipendente nelle prestazioni dalle turbative del traffico, soprattutto nelle ore di punta, divenendo infine poco competitivo rispetto al mezzo privato ed alternativo alla rete ferroviaria, che finisce per essere abbandonata.

L'autorità governativa competente in materia di trasporti, forte del livello d'integrazione della rete ferroviaria a livello nazionale, si sta negli ultimi anni muovendo nella direzione del recupero di competitività del sistema su ferro, unica soluzione che, grazie all'elevata velocità e capacità di trasporto, può rendere più efficiente la dinamica degli spostamenti. Le vie per raggiungere tale competitività sono da una parte una efficace pianificazione dei servizi ausiliari afferenti, dall'altra tutte le operazioni di carattere tecnico volte ad ottenere minori costi di esercizio e maggiori frequenze; in questa direzione si muove ad esempio il progetto di ricerca e realizzazione di nuove automotrici per il servizio regionale lanciato negli anni novanta.

Il Desiro di Siemens è, ad esempio, un'automotrice ferroviaria a due casse e su tre assi studiata per ridurre i costi di fabbricazione, tramite l'utilizzo di componenti derivati da motrici di autoarticolati, e di esercizio, attraverso un contenimento del peso; l'ammodernamento del parco rotabile porta inoltre un sensibile aumento della velocità commerciale, grazie alle migliori prestazioni, e dell'accessibilità, grazie al pavimento ribassato, a favore in ultima analisi della qualità globale percepita.

2.2. LA PRESENZA DI INFRASTRUTTURE NELLE REGIONI ITALIANE

Il contesto italiano non è molto diverso da quello tedesco, fatta eccezione per due importanti fattori di carattere storico: in primo luogo la natura merceologica degli insediamenti produttivi italiani e lo stesso periodo storico corrispondente alla nascita del sistema industriale, unitamente al profilo orografico del territorio, non hanno favorito la creazione di una rete ferroviaria pesante così estesa.

Allo stesso tempo però la storica ricchezza urbana del territorio ha visto la nascita di molti servizi di trasporto pubblico a carattere interurbano o regionale paralleli al servizio ferroviario nazionale e caratterizzati da un profondo rapporto con le dinamiche abitative: si tratta delle tranvie extraurbane e delle cosiddette ferrovie concesse, spesso a scartamento ridotto, molte delle quali però sacrificate per diverse ragioni nel secondo dopoguerra; la rete ferroviaria nazionale poteva contare nel 1964, anno di massima espansione, su 4.760 km di rete gestita da ben 48 società con servizi già definibili a carattere suburbano.

La crescente motorizzazione degli anni settanta ed un mancato aggiornamento tecnologico hanno portato alla quasi totale scomparsa delle tranvie extraurbane, di cui rimangono due soli esempi



nell'hinterland milanese, e la riduzione a 3.500 km della rete concessa: solo negli ultimi anni si inizia ad avvertire come tale risorsa, in molti casi sotto-utilizzata, possa assumere un ruolo importante nel sistema della mobilità, come già avviene a Milano, Napoli, Roma, Sassari o sulla nuova tratta Trento-Malè.

Il già citato contesto orografico, che presenta ben pochi tratti pianeggianti, e l'alta densità dei nuclei abitati rendono allo stesso tempo più critica la congestione del traffico veicolare e più opportuno il ricorso a sistemi di trasporto collettivo efficienti che riescano a veicolare un gran numero di persone sfruttando infrastrutture ridotte. Il territorio italiano, che soffre una gravissima carenza di sistemi di trasporto collettivo moderni, presenta oggi alcuni timidi segni di nuovo interesse verso questo tipo di investimenti: i sistemi di Messina, Mestre, L'Aquila, Padova, Verona, Brescia e Bergamo rappresentano progetti importanti per un necessario ritorno del ferro nella cultura nazionale.

La situazione attuale del sistema del trasporto pubblico, così come della mobilità in genere, è caratterizzata da forte disorganicità, in Italia come in realtà in gran parte dell'Europa; per questo motivo l'Unione Europea sta promuovendo con sempre più sforzo programmi di ricerca e meccanismi di finanziamento volti alla creazione di soluzioni di trasporto competitive rispetto al mezzo privato. La concezione del trasporto pubblico come area residuale della mobilità, ovvero dedicata alle fasce deboli della popolazione, tipica degli ultimi trenta anni di storia dell'unione, ha portato alla configurazione di un'offerta di basso profilo e, soprattutto, poco integrata e non adatta, quindi, a modalità di spostamento non più pendolari. Diverso è il discorso riguardante l'area dell'Est Europeo, per motivi economici e politici molto più dotato di infrastrutture di trasporto pubblico, in cui l'apertura alle nuove regole del mercato sta però mettendo in crisi un sistema dotato ma assolutamente non efficiente né tecnologicamente adeguato. La via obbligata, spesso denominata cura del ferro, per il recupero di un sistema di mobilità adeguato allo sviluppo passa attraverso l'ottimale sfruttamento delle risorse esistenti e la creazione di nuove infrastrutture, pur nei limiti di fondi sempre più limitati: in queste condizioni risulta ancor più importante la fase di progettazione di servizio al fine di unire la massima qualità all'utente con una necessaria sostenibilità economica.

2.3. IL TRASFERIMENTO MODALE: TEMPI EFFETTIVI E TEMPI PERCEPITI

Le grandi distanze che caratterizzano gli itinerari medi e la scarsa concentrazione della domanda conducono ad ipotizzare uno scenario di trasporto medio per la città diffusa caratterizzato da una linea di forza e servizi di distribuzione, tra i quali avviene un interscambio.

L'importanza dei nodi di interscambio deriva in primo luogo dal fatto che essi permettono la gerarchizzazione delle linee, l'utilizzo di più modi di trasporto, dalle caratteristiche tecniche e di servizio differenti, per disegnare il tragitto di ogni singolo utente, con forti economie di gestione e migliore efficienza globale del sistema. Un riscontro è facilmente ottenibile analizzando le diametrali sorti di due

recenti progetti per linee di forza su ferro, lo Skytrain di Bangkok ed il Metro Manila. Nel secondo caso, infatti, la creazione della nuova linea LRT è stata accompagnata da una completa riconfigurazione dei servizi di autobus come linee afferenti, realizzando un sistema di collegamento capillare, integrato negli orari e che utilizza gran parte della capacità della linea di forza.

A Bangkok al contrario, anche a causa della differente amministrazione della metropolitana Skytrain e del servizio automobilistico, i due modi di trasporto effettuano servizi paralleli sottraendosi reciprocamente utenza; i problemi maggiori si verificano per lo Skytrain che, penalizzato da tariffe più alte, corre al minimo della capacità disponibile.

Accanto alla corretta pianificazione degli interscambi, la gestione della rottura di carico modale è uno dei nodi principali attorno a cui ruota l'incremento della competitività del trasporto pubblico; il problema è stato affrontato, in relazione a differenti contesti territoriali ed infrastrutturali, sia in Germania che in Francia. La rottura di carico modale è un fattore chiave da presidiare in quanto capace di minare la competitività del servizio: una sua non adeguata gestione può tramutarsi in un forte incremento dei tempi medi di percorrenza.

Secondo una valutazione della RATP infatti se un tragitto prevede due o più interscambi, l'utente abbandona a priori l'ipotesi di servirsi del trasporto pubblico a favore del trasporto privato; questa scelta è dovuta sia all'effettiva perdita di tempo associata all'attesa, spesso effettivamente alta, sia alle dinamiche percettive associate.

Gli studi di Loehin hanno dimostrato come un intervallo di tempo sia percepito tanto più lungo quanto più esso è privo di attività: nell'attesa di un autobus alla fermata, senza indicazioni né informazioni sull'orario, cinque minuti possono trasformarsi in un'eternità. Varie soluzioni sono state adottate dalle aziende di trasporto pubblico per limitare il fenomeno, prima fra tutte l'indicazione del tempo di attesa residuo la quale, come dimostra uno studio commissionato dalla London TA, riesce a ridurre la percezione temporale nel 65% dei casi. Altri accorgimenti diffusi sono la progettazione di arredi di fermata che offrano maggior comfort, la presenza di sistemi audiovisivi di intrattenimento ed informazione, la distribuzione gratuita di giornali; queste soluzioni sono però volte al solo contenimento della percezione dell'attesa, senza andare ad influire sulla radice del problema.

Solamente una progettazione coerente degli orari delle linee e delle infrastrutture può portare ad un vero abbattimento dei tempi reali per l'interscambio, a vantaggio dell'efficienza della rete, dei tempi di percorrenza, della soddisfazione dell'utente ed, infine, alla competitività globale del servizio. In Germania la ricerca sul tema dell'interscambio si è concentrata su realtà abitative di natura dispersa in cui la presenza di diversi modi di trasporto è maggiormente critica causa la natura stessa della domanda; qui non solo la rottura di carico va a svantaggio della qualità del servizio, ma la presenza stessa di più modi di trasporto è economicamente poco sostenibile se si vuole mantenere un buon livello di offerta.

Le aree analizzate presentano in genere più nuclei urbani distinti di dimensioni medio piccole, organizzati in regioni funzionali e dotati di relazioni forti; la presenza storica della ferrovia regionale come linea di



forza qui sopravvive a fatica in quanto gli alti costi d'esercizio non permettono buone frequenze, l'utenza si riduce sempre più ed i bilanci diventano insostenibili per le piccole realtà municipali.

Le linee automobilistiche e tranviarie di distribuzione interna soffrono allo stesso modo dell'assenza di una linea di forza con cui sia possibile un buon interscambio, ampliando sempre più lo squilibrio della ripartizione modale verso il trasporto privato. In tale scenario l'unica soluzione percorribile è l'eliminazione della rottura di carico creando un sistema di trasporto che renda in buona misura non necessarie linee di distribuzione, ovvero una linea di forza a carattere regionale che attraversi il centro urbano: il tram-treno, ad esempio.

3. CASO STUDIO: LA NASCITA DEL TRAM TRENO A KARLSRUHE

Parlare di tram-treno significa riferirsi al funzionamento del sistema di trasporto pubblico regionale integrato creato attorno alla città tedesca di Karlsruhe; situata nel cuore del Land del Baden - Wurtemberg, lungo il corso del Reno, la città di Karlsruhe ha una popolazione di circa 280.000, una superficie di 173 chilometri quadrati ed esercita funzione nodale in una regione ricca di 400.000 abitanti.

Questa quota di popolazione è divisa in *numerosi centri di piccole e medie dimensioni* appartenenti all'Associazione delle città confinanti con Karlsruhe, la *Nachbarchaftsverband Karlsruhe*, su una superficie di più di 500 chilometri quadrati. La *notevole dispersione degli insediamenti* sul territorio, dovuta anche alla storia industriale di questo ricco bacino minerario, e le diffuse politiche di cooperazione tra le diverse municipalità fanno della regione un *tipico esempio di città diffusa*.

Karlsruhe possiede un *ben articolato tessuto cittadino*, la cui morfologia risente pesantemente dell'azione del principe Karl Wilhelm; tra il 1752 ed il 1774, infatti, egli operò una pesante ristrutturazione dando vita ad una pianta rigidamente geometrica dalla caratteristica forma a ventaglio. Asse principale dell'intervento è la Kaiserstraße, sede ancora oggi della gran parte delle attività commerciali e del centro direzionale, che, come le altre arterie cittadine, parte dal palazzo reale ed attraversa tutta la città.

La presenza di viali di grandi dimensioni ha favorito, a partire dal 1903, la *creazione di una vasta rete tranviaria cittadina*, con un tracciato in gran parte in sede protetta, affiancata da autobus e da un buon servizio ferroviario regionale; lo spostamento della stazione ferroviaria cittadina a 1,5 km di distanza dal centro, attuato nel 1913, ha però negato un'efficace integrazione tra rete regionale e sistema di trasporti urbano, creando una forte inefficienza nel collegamento con l'hinterland.

A partire dal secondo dopoguerra la municipalità di Karlsruhe si è distinta per una grande sensibilità ai problemi ambientali e per una non comune capacità nel *progettare grandi interventi*; già nel secondo dopoguerra la domanda di mobilità dei centri satellite viene sottoposta a serie analisi, le quali individuano

una *possibile risorsa strategica* nella rete ferroviaria regionale: la storica presenza di importanti attività estrattive aveva infatti favorito la progressiva stesura di centinaia di chilometri di binari, con diffusione capillare nel territorio, ma *usati soprattutto per traffico merci*.

3.1. TRAM E TRENI MERCI: LA TRASFORMAZIONE DELL'ALBTALBAHN

Nel 1957 lo Stato del Baden - Wurtemberg rileva la linea privata a scartamento ridotto Karlsruhe - Bad Herrenalb perché non in linea con le direttive ministeriali e l'affida ad una società di nuova creazione, la Abtal Verkehrs GmbH, di proprietà del comune di K. Nello stesso anno partono i lavori di riqualificazione, volti alla trasformazione della vecchia linea in un servizio polivalente di concezione totalmente nuova:

- La sede viene *completamente riconfigurata* con la posa di binari a scartamento ordinario, rotaie da 60 kg/m ed elettrificazione con linea aerea di contatto a 750 V cc;
- La linea non termina nella vecchia stazione, ma viene *deviata e connessa alla rete tranviaria cittadina*, realizzando un percorso continuo fino al centro;
- Presso la stazione di Ettlingen la linea *si innesta sulla rete ferroviaria DB*, mettendo quindi in relazione le industrie precedentemente servite dalla ferrovia a scartamento ridotto con la rete nazionale, ma soprattutto aprendo *per la prima volta un tratto ferroviario all'esercizio misto di tram e di treni merci*;
- Vengono studiate *speciali motrici tranviarie*, delle quali otto a due casse e sette a tre casse, dotate di cerchioni larghi 125 mm, di bordini compatibili con i deviatori cittadini ed allo stesso tempo conformi alle norme del regolamento ferroviario (EBO); i veicoli procedono infatti con marcia a vista secondo le norme BOStrasse nei tratti cittadini, per poi procedere in regime ferroviario con segnalamento e blocco automatico.

Con la trasformazione di tutte le motrici in vetture a tre casse e con l'aggiunta di nuove unità accoppiabili il parco rotabile raggiunge quota 25, garantendo una frequenza massima di servizio sulla tratta Karlsruhe - Ettlingen di 10'.

Utilizzando la stessa metodologia nel 1975 inizia il recupero di una ferrovia, chiusa al traffico passeggeri nel 1967, che collega K. con i centri abitati a Nord allora interessati da una forte espansione; la linea è in questo caso di proprietà DB ed è ancora utilizzata per il traffico merci ma grazie a specifici accordi può essere utilizzata per il prolungamento della linea tranviaria 2. La circolazione dei veicoli tranviari avviene nel rispetto delle norme EBO con controllo dalla centrale operativa di Ettlingen mediante collegamento in fibre ottiche lungo tutto il percorso in banda larga.

Il nuovo tratto così realizzato viene *connesso alla già esistente Albtalbahn*, realizzando la linea A: il tracciato collega Hochstetten con Bad Herrenalb con una lunghezza di 46 Km, 52 fermate ed una velocità media di 31 km/h. La nuova linea di forza agisce sull'asse nord-sud e, attraversando le principali vie del



centro cittadino, permette di arrivare direttamente in città dai centri limitrofi senza effettuare trasbordi e con tempi assolutamente competitivi rispetto al mezzo privato; integrazione tariffaria e cadenzamento degli orari contribuiscono al notevole successo dell'iniziativa, che fa aumentare del 73% il traffico rispetto ai precedenti servizi di autobus.

Dal punto di vista tecnico l'applicazione del progetto *non ha comportato particolari problemi*: i veicoli sono di natura tranviaria, l'alimentazione è in ogni tratto a 750 Vcc grazie alla presenza di sole motrici diesel per il trasporto merci e le fermate sono realizzate esclusivamente per il servizio passeggeri. Fondamentali per l'implementazione del servizio sono stati gli *ampi margini concessi dalle normative tedesche* sia di tipo ferroviario che tranviario, le quali non hanno richiesto particolari interventi strutturali per la sicurezza: da questo punto di vista l'adattamento dei mezzi tranviari alla marcia con segnalamento ferroviario e le loro maggiori prestazioni in frenata sono stati ritenuti sufficienti, in attesa di dati sull'esercizio effettivo.



Fig. 3. Karlsruhe, rete ferrotranviaria al 2007.

3.2. OLTRE LE ULTIME BARRIERE CON LA NASCITA DEI MEZZI BITENSIONE

Forte del crescente successo della linea A, passata dai 10 milioni di passeggeri annui del 1986 ai 23 del 1992⁴, nella prima metà degli anni ottanta l'amministrazione comunale di K. redige un piano dei trasporti con l'obiettivo di portare dal 10% al 30% la quota di abitanti che si recano in città dai centri limitrofi utilizzando i mezzi pubblici.

Nel frattempo la riduzione in termini percentuali dell'uso del mezzo privato in centro, sceso sotto il 50% nella ripartizione modale, suscita l'interesse del Ministero della Ricerca del Governo Federale; grazie anche a questo sostegno si decide di sfruttare le linee ferroviarie regionali di proprietà DB per collegare in maniera più efficiente l'asse Worth - Karlsruhe - Bretten, dove più del 60% degli utenti del servizio regionale ha come destinazione il centro cittadino. Nonostante l'esperienza acquisita con la linea A, le autorità non spingono subito per una soluzione di tipo tranviario, ma intraprendono uno studio al fine di individuare il sistema migliore per raggiungere gli obiettivi fissati, con un'attenta analisi del rapporto tra costi e benefici.

Le dimensioni dell'area interessata, la limitata disponibilità di fondi e le caratteristiche previste di traffico sconsigliano fin da subito la realizzazione di una linea metropolitana; la presenza delle linee DB rende invece più percorribile la strada del passante ferroviario, molto diffuso in Germania con il nome di S-Bahn: i costi di gestione rimangono però elevati e l'esiguo numero di passeggeri dei treni regionali già presenti non giustifica l'investimento.

Non rimane quindi altra soluzione che un prolungamento della rete tranviaria: questo può avvenire tramite la costruzione di un nuovo tracciato di caratteristiche tranviarie classiche oppure con l'adeguamento dei mezzi all'interoperabilità sulla rete DB.

Nonostante la seconda soluzione sia più impegnativa dal punto di vista tecnico e progettuale, la convenienza economica e l'interesse dimostrato dalle autorità federali danno il via alla creazione degli innovativi veicoli tranviari bitensione. I problemi relativi al rodiggio ed al profilo della ruota erano già stati affrontati con la linea A e risolti senza particolari difficoltà: a Karlsruhe la rete tranviaria possedeva fortunatamente lo stesso scartamento previsto dalla normativa ferroviaria, limitando quindi il problema all'elaborazione di un profilo di ruota compatibile con i deviatori tranviari nei limiti delle richieste DB.

Unico ostacolo all'accesso dei tram alla linea ferroviaria rimaneva la presenza di una linea aerea alimentata a 15 kV in corrente alternata, incompatibile con l'azionamento in dotazione.

⁴ Fonte: Albtal-Verkehrs-Gesellschaft (AVG) e Verkehrsbetrieben Karlsruhe (VBK).





L'alimentazione del veicolo tranviario sarebbe quindi potuta avvenire:

- tramite un *equipaggiamento elettrico* capace di utilizzare sia i 750V in corrente continua della linea urbana che i 15 kV in alternata del tratto ferroviario, senza perdite di funzionalità;
- utilizzando l'alimentazione aerea in città e *batterie nel tratto esterno*;
- generando i 750 V fuori dal sistema urbano tramite un *generatore con motore diesel a bordo*;
- utilizzando lo stesso generatore *lungo tutto il percorso*, svincolandosi quindi dall'alimentazione aerea.

Solamente le prime due ipotesi giunsero alla fase di progetto esecutivo e di prototipo; vennero adottate delle batterie al Sodio - Zolfo, operanti tra i 300° C ed i 370° C, che fornivano tramite due gruppi di otto elementi in serie una tensione di 748 V. Il sistema era concepito affinché le batterie si caricassero *grazie alla tensione aerea fornita dall'impianto cittadino* e che fossero in grado di restituire l'energia accumulata nel tratto ferroviario. Durante le prove emerse però che:

- senza *ridurre il livello di prestazioni* erogato, la capacità delle batterie passava da un massimo di 560 Ah al minimo consentito di 120 Ah in *meno di novanta minuti*, a fronte di tempi di *ricarica di oltre due ore*;
- la tensione fornita dalla linea aerea oscillava inoltre tra i 600V ed i 720V, un margine troppo ampio per consentire la ricarica delle batterie.

La soluzione non era quindi conciliabile con le *esigenze di servizio* e venne quindi abbandonata a favore della soluzione bitensione, che nel frattempo aveva dimostrato una certa affidabilità.



3.3. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEL MATERIALE ROTABILE

Le vetture tranviarie commissionate dalla AVG sono un'evoluzione del modello GT 8-80 prodotto dalla tedesca Duewag, oggi Siemens; si tratta di *motrici a tre casse articolate su quattro carrelli* di cui solamente quelli alle estremità sono motori. L'esercizio su linee ferroviarie prive di anelli di inversione ha condotto ad una configurazione di tipo *bidirezionale*, quindi con doppia cabina e porte d'accesso su ambo i lati. Le vetture sono equipaggiate con accoppiatori rapidi che permettono anche il *comando in multiplo*: nelle ore di punta infatti questa soluzione è molto utilizzata, come su tutte le linee tranviarie tedesche, per aumentare la capacità senza utilizzare vetture diverse o più personale.

I carrelli hanno un passo di 2100 mm, sospensione primaria a tamponi in gomma e secondaria a molle, ammettono un raggio di curvatura di 25 m ed eccezionalmente di 18 m, valori che richiedono quindi un tracciato con curve ampie. Le casse sono realizzate in acciaio, sono larghe 2650 mm e tutte le apparecchiature per l'azionamento sono posizionate al di sotto del pianale, posto ad un'altezza di 1000 mm dal piano del ferro; le estremità delle casse presentano una resistenza al tamponamento massima di 600 kN, mentre la normativa ferroviaria UIC richiede un valore minimo di 1500 kN. I veicoli sono stati in ogni caso *autorizzati alla circolazione sulla rete DB* in considerazione della già espressa maggiore sicurezza attiva delle vetture tranviarie e dei positivi riscontri sull'esercizio della linea A.

lunghezza	37610	Mm
larghezza	2650	Mm
velocità massima	90	km/h
accelerazione max avviamento	0,85	m/s ²
decelerazione max	1,6	m/s ²
rapporto di trasmissione	1:5,11	
massa a vuoto	58	T
potenza	490	kW
posti a sedere	100	
posti totali	215	(calcolati con 4 passeggeri / m ²)
rapporto massa / posti totali	269,6	kg x passeggero
rapporto potenza / massa	8,84	kW/t
porte	4	
larghezza porte	1550	Mm

Fig. 4. Caratteristiche e prestazioni del veicolo tranviario bitensione Duewag GT 8-100 C/2S

Altra novità presentata dalla nuova realizzazione rispetto al progetto dell'Abtalbahn è la presenza sul tratto ferroviario condiviso di un *servizio ferroviario passeggeri ancora attivo*: questo comporta non solo una maggiore difficoltà nella gestione della linea, dato che *il tram non ha più la priorità di transito*, ma



anche la presenza di *banchine di fermata comuni*. Infatti, mentre le banchine cittadine sono progettate per favorire un incarozzamento agevole rispetto alle vetture tranviarie, nelle stazioni ferroviarie esse presentano una distanza dalla mezzera dei binari di 1600 mm: il vuoto di 350 mm tra ciglio di banchina e tram è colmato grazie ad una pedana mobile di 200 mm azionata dal conducente.

L'accesso al veicolo avviene tramite tre gradini a partire da 450 mm sul *p.d.f.*, quindi nel caso in cui le banchine fossero state realizzate secondo le normative tedesche di più recente applicazione, con un'altezza di 600 mm, l'accesso al veicolo sarebbe stato *praticamente impossibile*⁵.

Un pianale così alto, dovuto sia all'*anzianità del progetto originale* che alla *dimensione dei trasformatori alloggiati sottocassa*, rende in ogni caso impossibile l'accesso a sedie a ruote e biciclette, mentre per la gran parte dei passeggeri rimane disagiata. Al confronto con i veicoli ferroviari che precedentemente effettuavano servizio sulla tratta Karlsruhe - Bretten, il *valore inferiore di velocità massima* non influisce sui tempi di percorrenza grazie alla maggiore accelerazione ed ai minori tempi di sosta alle fermate; l'accoppiamento in multiplo di due vetture permette inoltre una offerta di posti *adeguata e flessibile* con ingombri contenuti.

Secondo i dati forniti dalla AVG, a partire dall'apertura, nel settembre 1992, della linea B della Stadtbahn per Bretten il numero dei passeggeri trasportati è cresciuto esponenzialmente, soprattutto nei giorni festivi: l'incremento annuo registrato è stato infatti del 423% nei giorni feriali e del 3699% in quelli festivi. Nel marzo 1993 anche la frequenza delle corse viene aumentata rispetto a quanto programmato dietro forte richiesta degli stessi utenti, tanto da richiedere la creazione di turni notturni di manutenzione al fine di far circolare tutte le vetture disponibili; la fornitura di nuovo materiale rotabile nel 1995 rende il sistema in grado di trasportare 14000 passeggeri al giorno.

Risulta interessante inoltre notare come il 40% dei passeggeri della linea B sia rappresentato da ex-automobilisti, i quali sono migrati alla nuova forma di trasporto sia rinunciando definitivamente all'automobile sia utilizzando i parcheggi di corrispondenza e la formula *park & ride* [28]. Questo risultato è conseguenza di una politica di *riorganizzazione dell'intero sistema dei trasporti attorno alla tranvia*, asservendo ad essa i servizi su gomma, eliminando le linee parallele e modificando i percorsi del servizio ferroviario regionale; l'integrazione tariffaria ha inoltre portato ad una forte riduzione del costo all'utente finale, permessa dai *minori costi di esercizio del sistema tranviario*. L'adozione di un *approccio di mercato* in fase di configurazione del piano tariffario ha inoltre pilotato le riduzioni in maniera tale da attrarre nuove fasce di utenza: nel fine settimana ad esempio sono stati introdotti degli *speciali biglietti per famiglie*, venendo incontro ad una reale esigenza dei clienti ed ottenendo in questo modo il già illustrato notevole incremento di traffico.

Nonostante la regione del Baden - Wurtemberg presenti i prezzi più bassi di tutta la Germania per abbonamenti mensili ed annuali, il rapporto costi/ricavi per le linee A e B raggiunge l'85%, contro il 66%

⁵ nel caso di K. la presenza di banchine ferroviarie non ha causato eccessivi problemi in quanto esse risultavano alte solamente 380 mm, mentre il pianale del veicolo era alto 1000 mm;

dei servizi urbani. L'AVG dichiarava nel 1996 un costo per kilometro di 10 DM contro i 27 DM/Km dei servizi ferroviari ed i 35 DM/Km delle S-Bahn, evidenziando in tal modo la *grande economicità del nuovo tipo di servizio*. Sempre nel 1996 anche la linea S3 assume carattere regionale proseguendo sul tracciato, sottoposto ad aggiornamenti infrastrutturali dopo l'acquisizione nel 1993, delle linee secondarie Bruchsal-Menzingen-Odenheim (BMO-Bahnen). Nel 1997 vengono realizzati nuovi tronchi anche per la S4, tra Bretten ed Eppingen, la S2 tra Karlsruhe e Blankenloch, e la S5, tra Pforzheim ed il centro di Karlsruhe.

Lo sviluppo della rete è deciso e continuo: nel 1999 la linea S9 viene estesa da Bretten fino a Mühlacker, la S5 da Pforzheim a Bietigheim-Bissingen, mentre la S4 raggiunge Heilbronn; con la realizzazione del raccordo ferroviario alla stazione di Heilbronn, completato nel 2001, la S4 si attesta nella stazione centrale, direttamente connessa alla rete DB in uno dei centri più importanti della regione del Wurtemberg.

Anche negli ultimi anni lavori di ampliamento proseguono, interessando le linee S3, S5 ed S6, ma viene soprattutto migliorata l'offerta di trasporto attraverso l'aumento delle frequenze sia per le linee principali, che scendono sotto i quindici minuti, che per quelle secondarie, effettuate ogni mezz'ora nelle ore di punta. Oggi la rete si tranviaria AVG si snoda per più di 400 km ed i piani di sviluppo prevedono *espansioni in direzione della Foresta Nera*. Il 5 Febbraio 2004 è iniziata la consegna delle vetture della nuova serie 100, costruttivamente simili alle precedenti ma dotate di pianale parzialmente ribassato e *servizi igienici a circuito chiuso*, resi necessari dalla crescente lunghezza dei percorsi.

3.4. IL PANORAMA NORMATIVO E L'APPROCCIO TEDESCO ALLA SICUREZZA

Un servizio di tipo tram-treno non si presenta come *risultato dell'applicazione di nuove tecnologie* o di modalità innovative di trasporto, tanto che il transito di veicoli ferroviari su linee di tipo tranviario, e viceversa, vanta numerosi precedenti storici. L'interesse suscitato dal modello Karlsruhe risiede nell'essere un *modo di trasporto con caratteristiche nuove*, un ibrido di tranvia e ferrovia metropolitana, in grado di rispondere ad un particolare tipo di domanda di trasporto in maniera molto efficace e competitiva.

Il nuovo servizio ha dovuto certamente *affrontare anche problemi di natura tecnica*, ma ha soprattutto faticato a trovare un suo spazio all'interno del *panorama normativo*: la circolazione di un veicolo sia su sede tranviaria che su una rete ferroviaria nazionale deve rispondere efficacemente a quanto dettato da *entrambe le norme*.

Sebbene le due tipologie di linea siano *tecnicamente simili*, la marcia del veicolo avviene in un caso a vista, in regime di traffico promiscuo e quindi con una serie di vincoli dettati dal codice della strada, e



nell'altro tramite segnalamento, attraverso apparecchiature e dotazioni la cui natura ed il cui funzionamento rispondono a precisi standard.

La nascita del tram-treno di K., in particolare della linea B, è dovuta in buona parte alla collaborazione ed all'atteggiamento costruttivo tenuti da parte degli organi normativi del Ministero dei Trasporti e delle Deutsche Bahn; la normativa ferroviaria, *derivata in Germania come in gran parte del mondo dalle norme UIC*, è infatti caratterizzata da una serie di prescrizioni e specifiche tecniche di carattere quantitativo. Il *completo rispetto delle specifiche avrebbe impedito la realizzazione di un veicolo adatto*, se non contravvenendo alle necessità della marcia sulla rete tranviaria: gli enti normativi hanno quindi optato per una *valutazione di conformità dei risultati*.

In tema di sicurezza passiva, ad esempio, la norma ferroviaria prevede una resistenza al tamponamento minima di 1500 kN al livello dei respingenti; in ambito tranviario lo standard tedesco VOV 6.030.1/1977, così come previsto nella norma En 12663, richiede invece 200 kN, mentre a livello mondiale solo gli Stati Uniti raggiungono il livello massimo di 600 kN. Il veicolo Duewag previsto per l'esercizio a K. si presentava con valori molto buoni in ambito tranviario, ovvero con un carico tollerabile di 600 kN, ma chiaramente insufficienti per la rete DB; non era allo stesso modo possibile pensare di progettare un veicolo tranviario che, all'interno di vincoli di costo e di compatibilità con la rete urbana, offrisse prestazioni maggiori⁶.

La soluzione tedesca al problema è frutto di un'efficace concertazione tra i tecnici DB ed i responsabili AVG, basata sull'analisi delle reali dinamiche di esercizio; il risultato è ben sintetizzato dalle parole pronunciate dal direttore dell'AVG, l'ingegner D. Ludwig, in merito in occasione della visita dei delegati UITP nel 1995:

“Le autorità erano riluttanti a concedere un esercizio misto tra i veicoli leggeri e treni convenzionali sul medesimo binario per via dei possibili danni nell'eventualità di una collisione tra i due tipi di mezzi. Comparata con quella di un treno, la sicurezza passiva di un LRV è molto limitata per via della sua leggerezza e della scarsa resistenza strutturale. Tutto ciò è compensato da un'elevata sicurezza attiva:

- ridotte distanze di frenatura - l'80% degli incidenti ferroviari avviene perché la distanza di frenatura è troppo lunga;*
- velocità ridotta a 100 km/h massimi;*
- buon sistema di segnalamento e comunicazione terra-treno.”*

⁶ Aumentare la resistenza strutturale significava infatti rinforzare la struttura e quindi aumentare di molto il peso delle casse, ridimensionare coerentemente azionamenti e rodiggio e realizzando, infine, un'automotrice di tipo ferroviario; a tutto ciò va aggiunta l'ancora maggiore difficoltà di ottenere valori elevati di resistenza strutturale nel caso di pianali ribassati.

L'esercizio della linea di Karlsruhe e, più recentemente, di quelle di Saarbrücken e Kassel hanno dimostrato la validità di questo approccio: non è infatti finora avvenuto alcun incidente imputabile alla condivisione di binario. Da questa e da altre esperienze l'ente normativo tedesco ha formulato uno specifico approccio sulla sicurezza passiva, poi preso come modello di partenza per analoghi studi in Francia e Gran Bretagna; i valori di resistenza ammissibili sono:

- *200 kN* per veicoli tranviari classici operanti a velocità massime di 60 km/h anche in sede promiscua;
- *400 kN* sono richiesti per veicoli tranviari moderni circolanti anche in sede protetta con una velocità massima di 80 km/h, classificati come *StadtBahn*;
- *600 kN* per veicoli di derivazione tranviaria ed automotrici ferroviarie per il trasporto regionale operanti su *tratte in condivisione con traffico ferroviario pesante*.

Questi risultati sono poi stati assunti in seno al *progetto Safetram* di normativa europea in tema di sicurezza passiva dei rotabili tranviari.

4. FERROTRANVIE DI PRIMA GENERAZIONE: IMMAGINI

4.1. KARLSRUHE

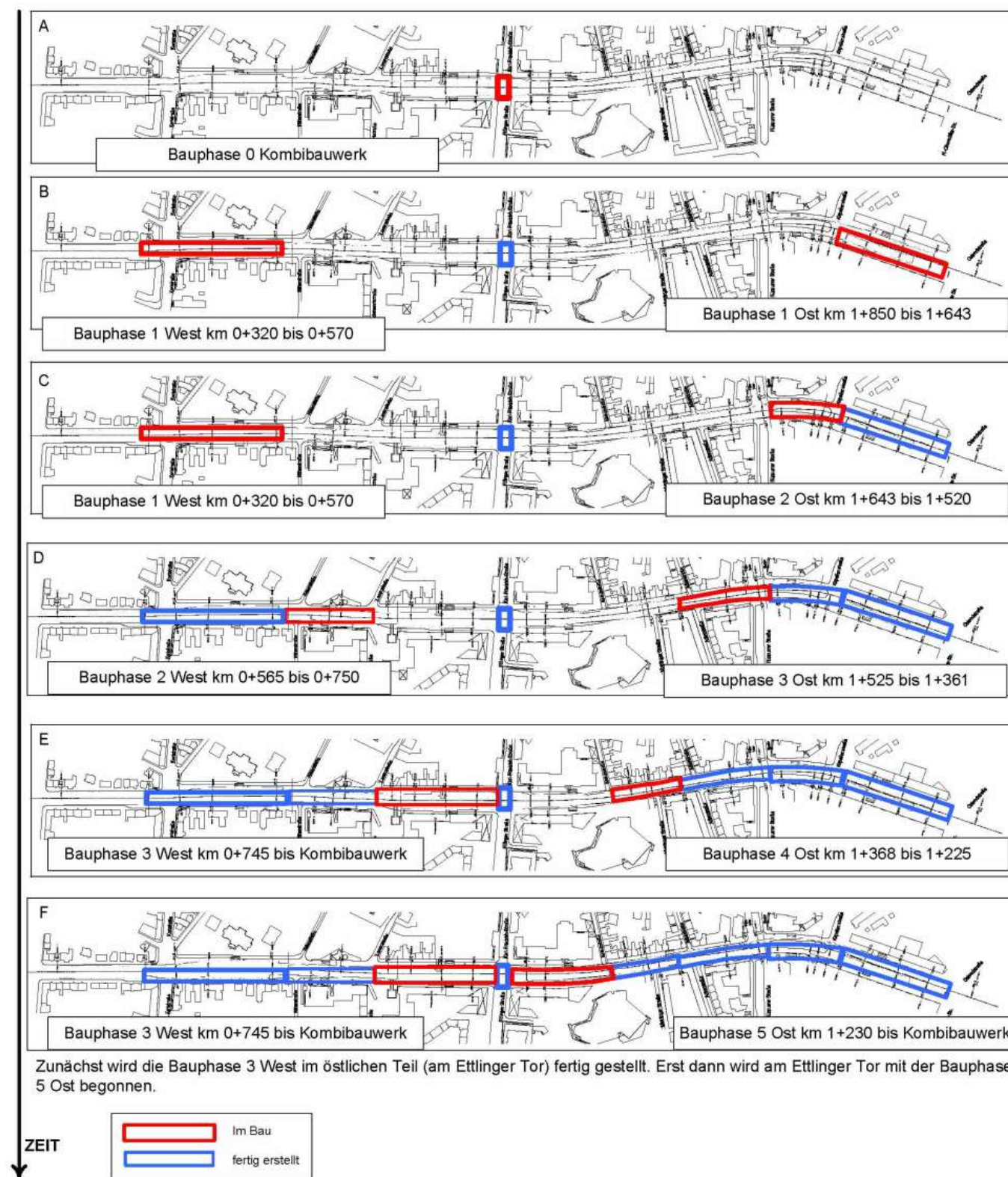
L'esperienza del cosiddetto modello Karlsruhe trae spunto dall'utilizzo ai fini dell'estensione della tranvia urbana su tratta periurbane e suburbane sfruttando rami ferroviari (merci e passeggeri) sottutilizzati o dismessi (vanno segnalate in proposito le esperienze condotte sulle linee Albtalbahn -anni '60- e Hardtbahn -anni '70-).

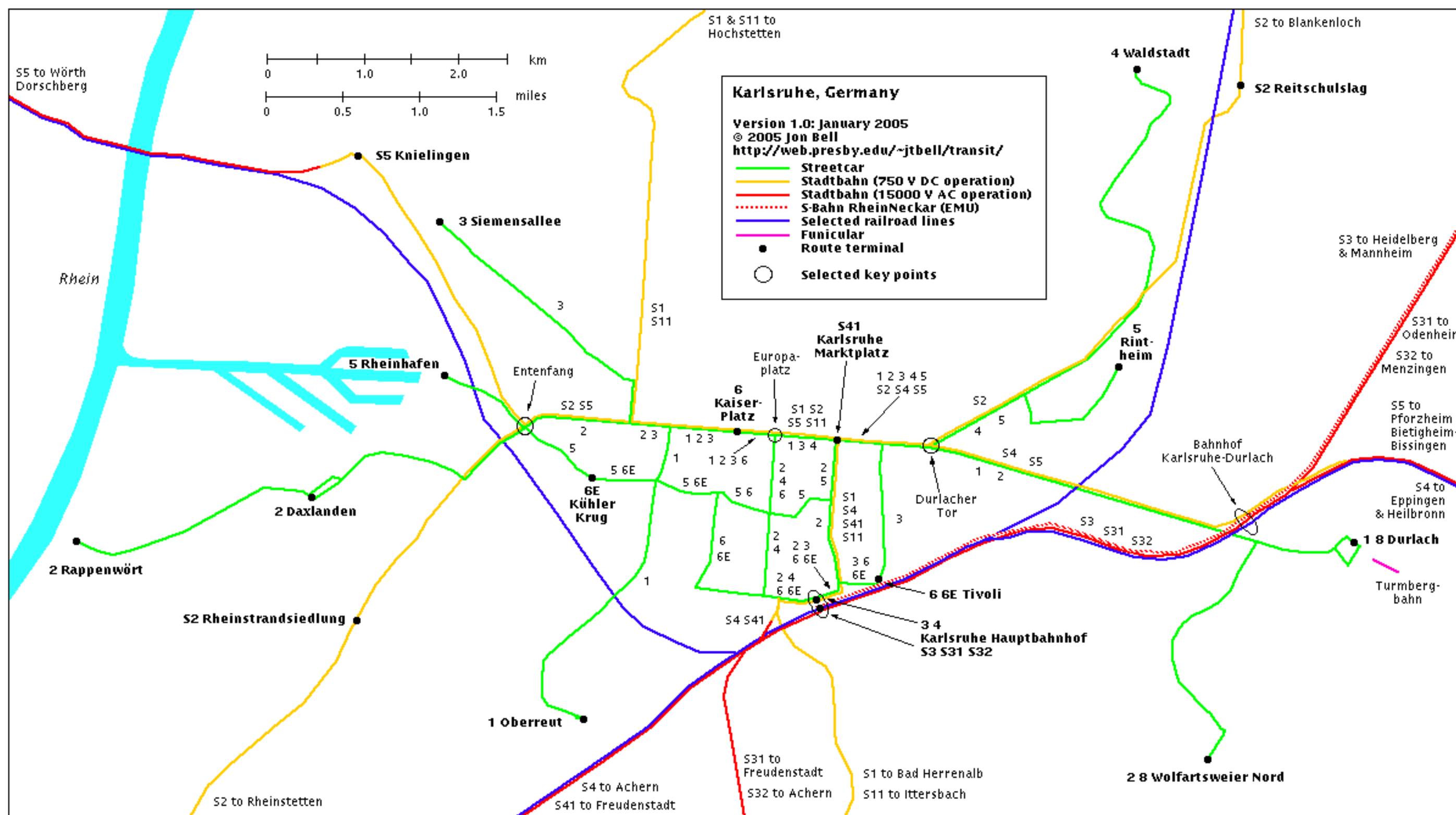
Il 25 settembre 1992, dopo un accurato preesercizio, è stata lanciata la prima tratta della rete in modalità tram-treno (Karlsruhe-Bretten) con cambio automatico di sistema (CC/AC) in linea attraverso brevi sezioni di transizione, a cui sono seguite negli anni successivi altre numerose implementazioni (Karlsruhe-Worth, Karlsruhe-Bissingen, Karlsruhe-Baden/Baden, Karlsruhe-Eppingen-Heilbronn, Bruchsal-Menzingen/Odenheim, etc.).



L'estensione e la maturazione della rete si è accompagnata ad una armonizzazione delle tabelle orarie ferroviarie con quelle dei mezzi LRT nelle tratte in condivisione, mentre l'effetto volano della crescita in termini di utenza ha portato ad integrare nel sistema suburbano e regionale altre tratte merci nazionali (DBAG) e private (SWEG South-West German Rys.).

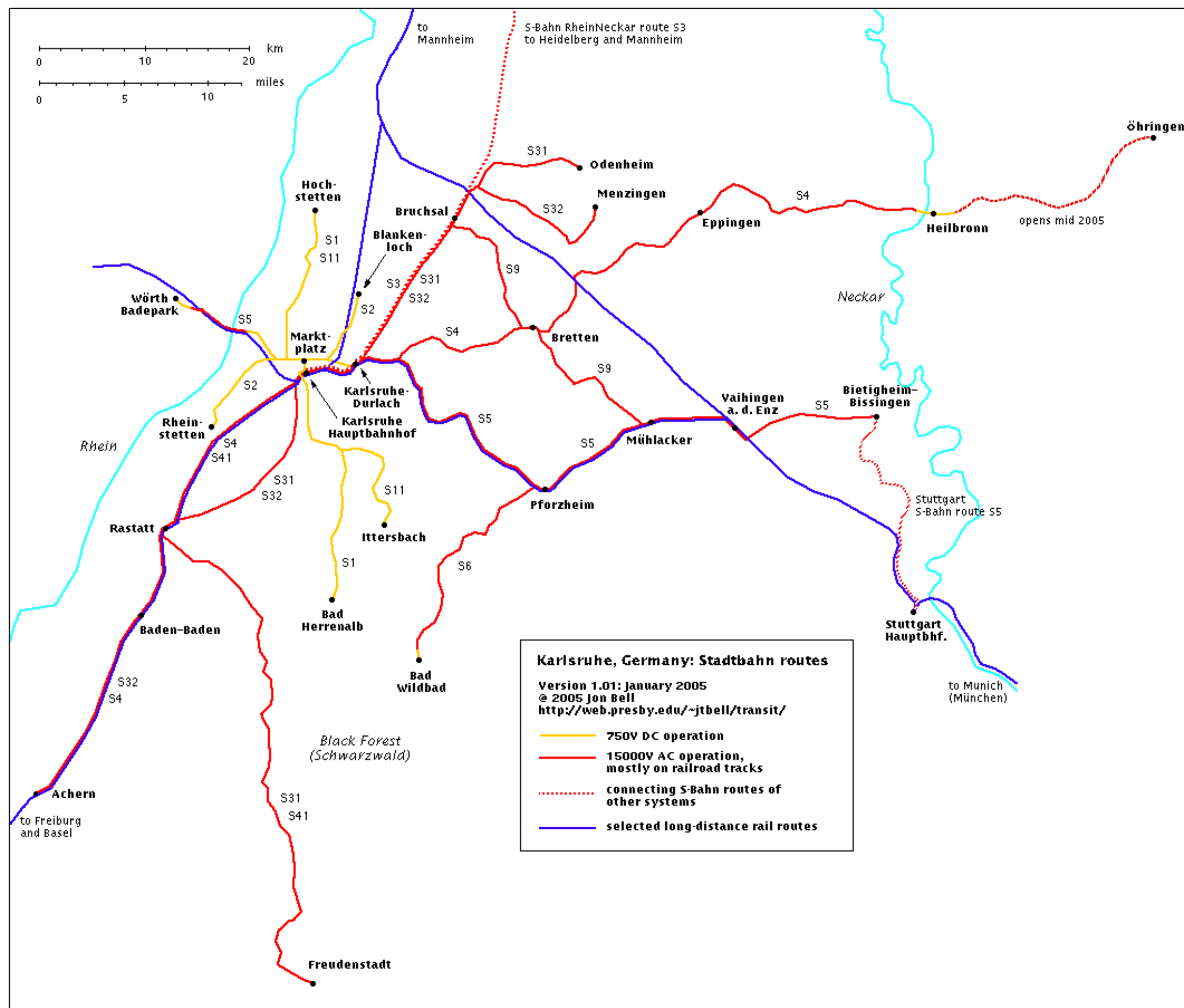
Attualmente il sistema complessivo combina tra loro linee tranviarie urbane e suburbane (LRT), tra cui alcune con sezioni in modalità tram-treno (S1: Hochstetten-Karlsruhe-Bad Herrenalb; S4: Achern-Karlsruhe-Bretten-Eppingen-Heilbronn-Ohringen; S5: Bietingheim/Bissingen- Pforzheim-Karlsruhe-Worth Dorschberg; S6: Pforzheim-Bad Wilbad; S11: Ittersbach-Karlsruhe-Hochstetten; S41: Herrenberg-Freudenstadt-Karlsruhe Europaplatz), il tutto integrato da linee ferroviarie regionali.





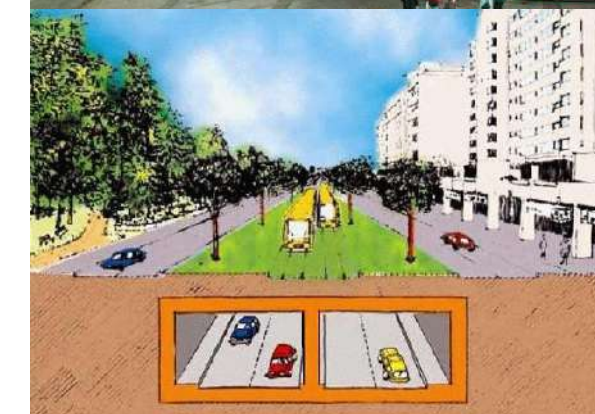
KARLSRUHE. CARTA SCHEMATICA DELLA RETE URBANA.





KARLSRUHE. CARTA SCHEMATICA DEI SERVIZI REGIONALI

In seguito al successo ottenuta dalla rete ferrotranviaria urbana e regionale la municipalità sta procedendo all'interramento della sezione centrale con tecnologia tipo premetro. In tal modo intende risolvere il problema degli accodamenti che (foto sotto) possono crearsi per l'intenso traffico nella sezione centrale.





Nazione	Germania
Linea	Stadtbahn
Abitanti	225.740 nel comune; 427.330 nell'area urbana 1.412.209 nell'area metropolitana
Anno di apertura	1992
Completamento:	--
Lunghezza (km)	130.8
Tipologia di tracciato	sezioni in promiscuo + sezioni su DeutschBahn. 18.2 Km in track-sharing
Stazioni	222 distanza media m 589
Banchine	--
Porte di Banchina	--
Caratteristiche generali	--
n. mat. rotabile	36 (vecchia generazione) + 41 (ultima generazione)
n. vett.per convoglio	--
Tipologia	ferro, bidirezionale
Dimensioni convoglio (m)	lunghe: 36.60, larghe 2.65
Capacità convoglio (pax)	215/223 (di cui 100 seduti)
Frequenza	1/19 min
Alimentazione	tram: V 750 CC, treno 15kV CA
Vincolo	rotaie
Velocità Km/h	Comm. 25, Max 100
Accel./Decel. (m/sec2)	--
Capacità del sistema	--
Stima di domanda	120.000.000 pax/anno
Costo infrastruttura	80 milioni DM (1992) per la prima tratta di 28 Km Karlsruhe-Bretten
Staff	1250
Produttore	BOMBARDIER-SIEMENS
Modello	GT8-100/2S-M, GT8-100/2S





4.2. SAARBAHN

Il sistema tram-treno di Saarbrücken (Saarbahn) si sviluppa lungo la direttrice nord-sud da Lebach a Sarreguemines via Saarbrücken; una prima tratta, da Saarbrücken a Sarreguemines, è in esercizio dall'ottobre 1997, mentre sono in fase di completamento i lavori per la seconda tratta da Saarbrücken a Lebach (Saarbrücken-Riegelsberg Sud inaugurata nel 2001, Riegelsberg Sud-Etzenhofen prevista nel 2008, Etzenhofen-Lebach prevista nel 2010). Il tracciato presenta una sezione tram da Etzehofen a Brebach; due cambi di sistema (tram-treno, sfruttando il funzionamento duale degli stessi mezzi) consentono i collegamenti Brebach-Sarreguemines (verso sud, con sconfinamento in territorio francese) e Etzehofen-Lebach (verso nord) sulle infrastrutture ferroviarie esistenti.

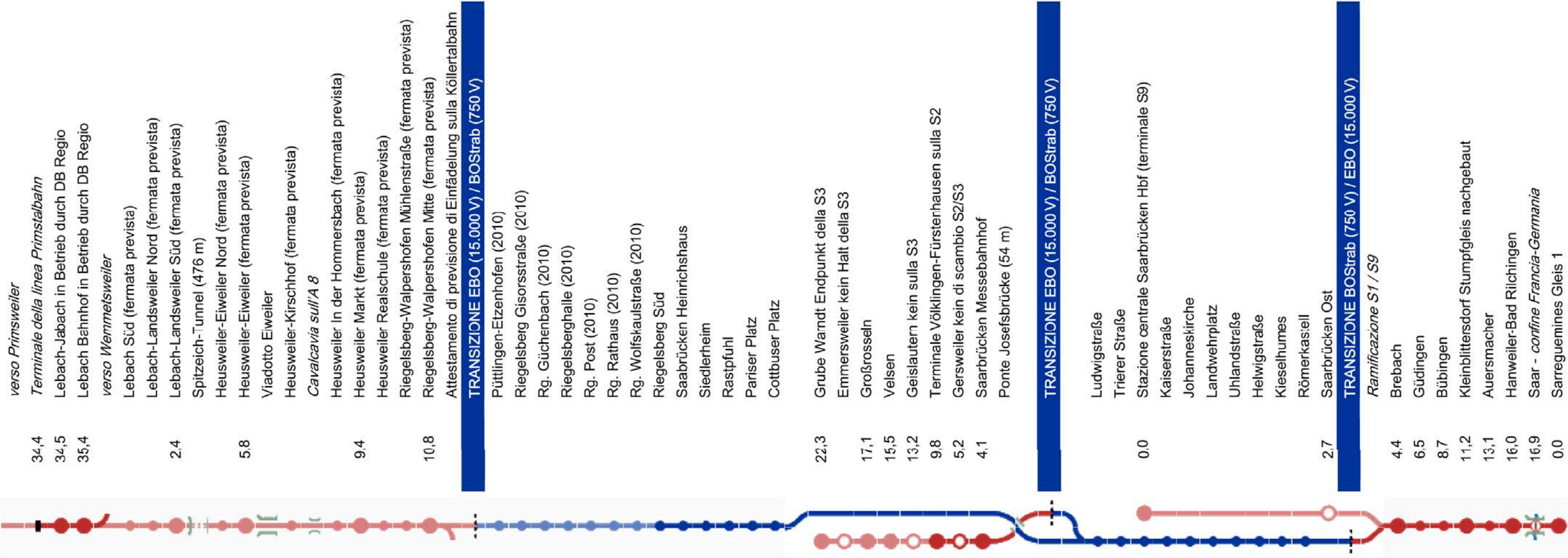


A fronte di alcune inefficienze iniziali e problemi di rumorosità, il sistema ha avuto un impatto positivo sotto il profilo dell'utenza, con risultati sensibilmente superiori rispetto alle stime previsionali (circa 40.000 passeggeri/giorno).



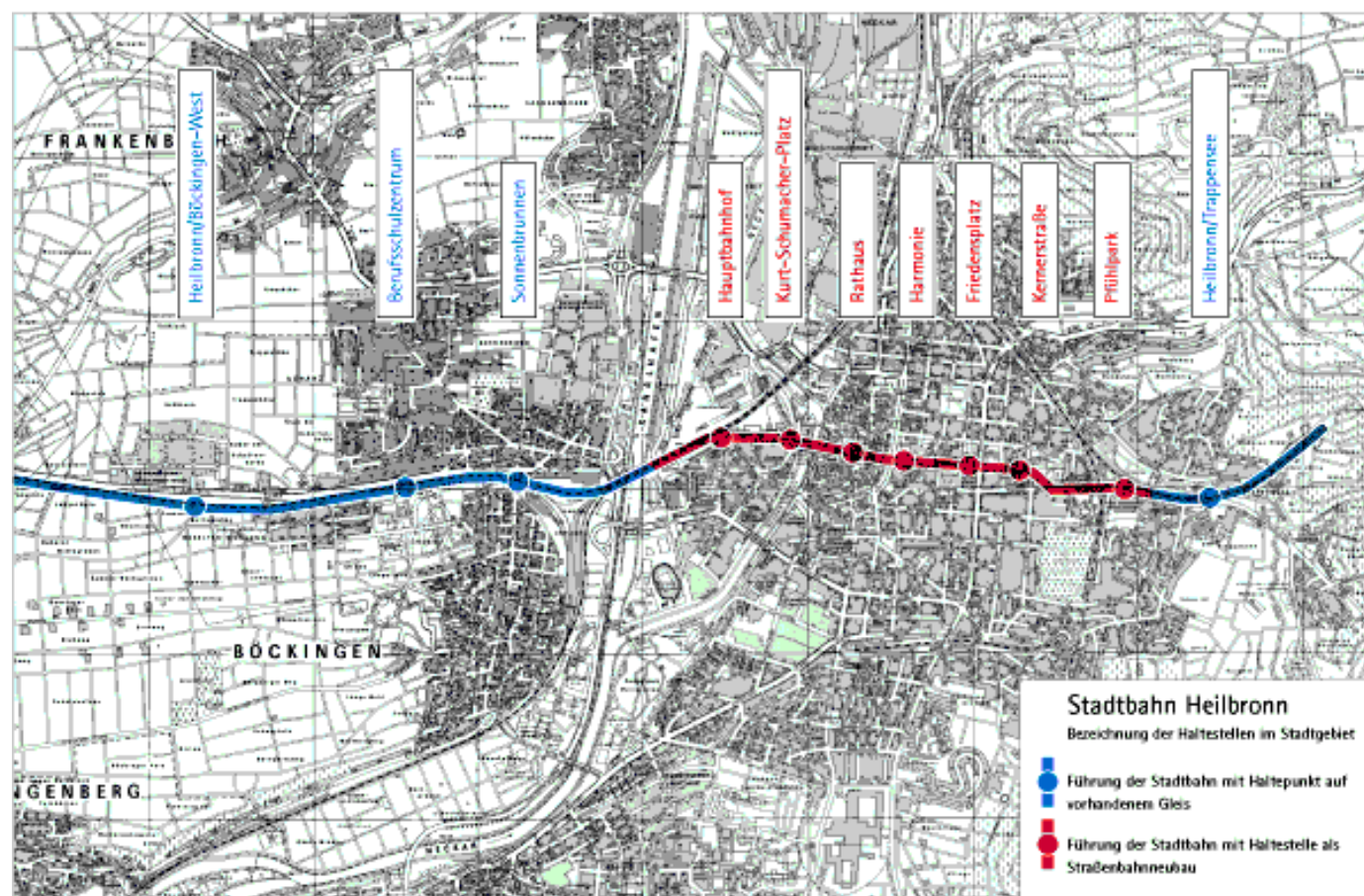
Nazione	Germania
Linea	Saarbahn
Abitanti	Città 195.000 Area metropolitana 1.733.400
Anno di apertura	1997
Previsione di completamento della linea:	--
Lunghezza (km)	42.8
Tipologia di tracciato	Etzenhofen-Brebach (modalità tram), Brebach-Sarreguemines (modalità treno), Etzenhofen-Lebach (modalità treno)
Stazioni	43, distanza media 1000 m
Banchine	--
Porte di Banchina	--
Caratteristiche generali	--
n. mat. rotabile	28
n. vett.per convoglio	3
Tipologia	ferro, bidirezionale
Dimensioni convoglio (m)	lunghezza: 37.0 larghezza 2.65
Capacità convoglio (pax)	243 (di cui 96 seduti)
Frequenza	7.5'/30'
Alimentazione	come treno catenaria da 15 KV in CA, come tram 750 V CC
Vincolo	binari a scartamento standard (1435 mm)
Velocità Km/h	Max 100 (modalità treno)
Accel./Decel. (m/sec2)	--
Capacità del sistema	--
Stima di domanda	40.000 pax/day
Costo infrastruttura	--
Staff	--
Produttore	BOMBARDIER
Modello	Flexity Link
NOTE	scheda riferita alla linea completa (2010)



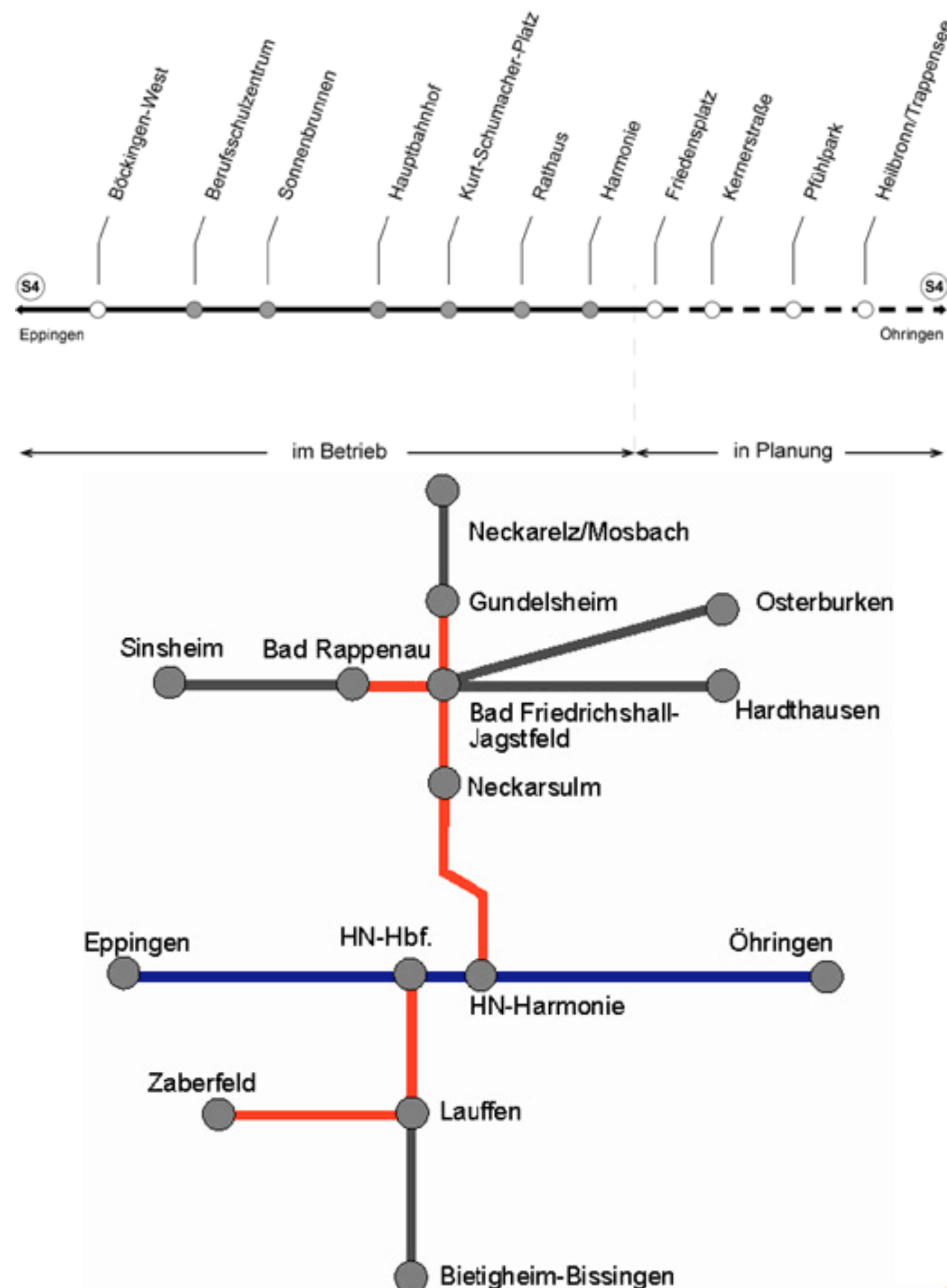


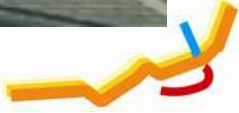
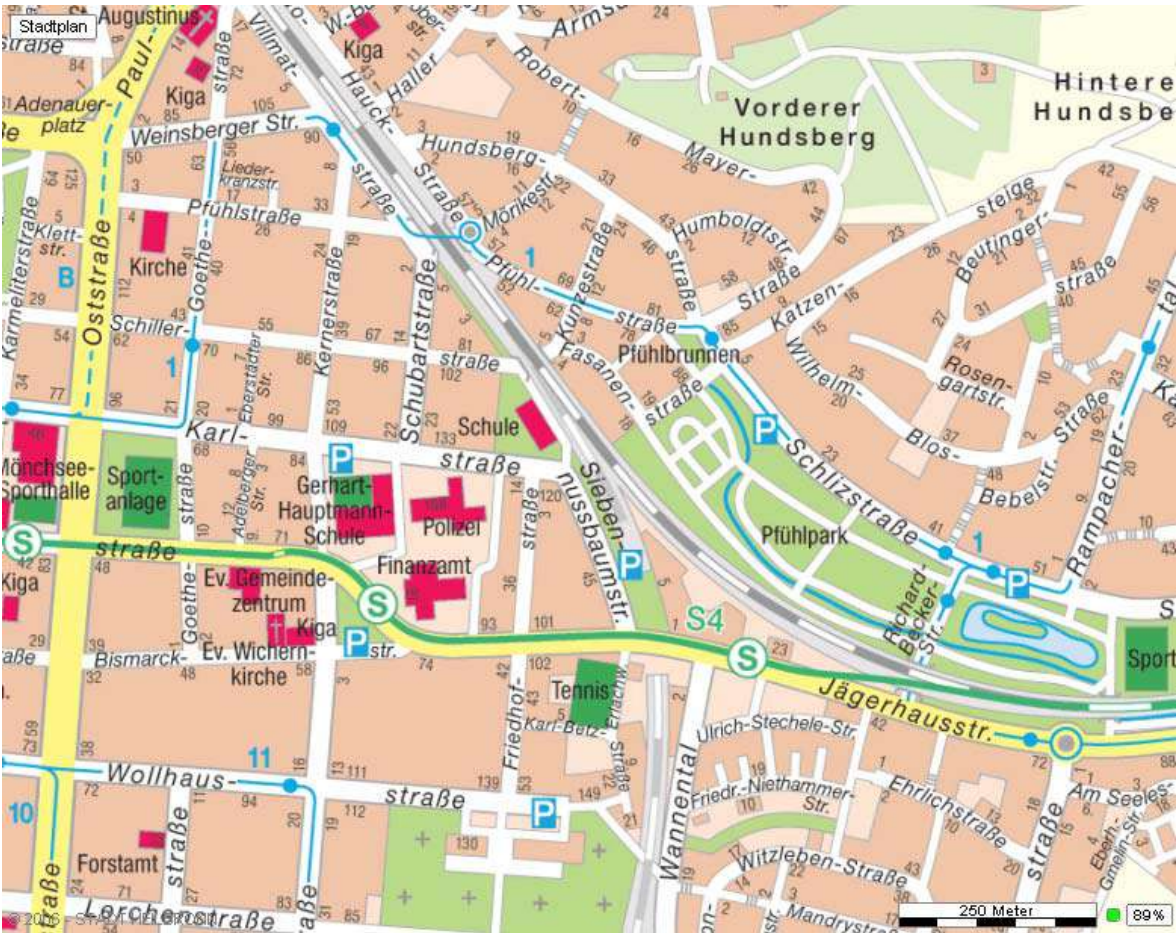
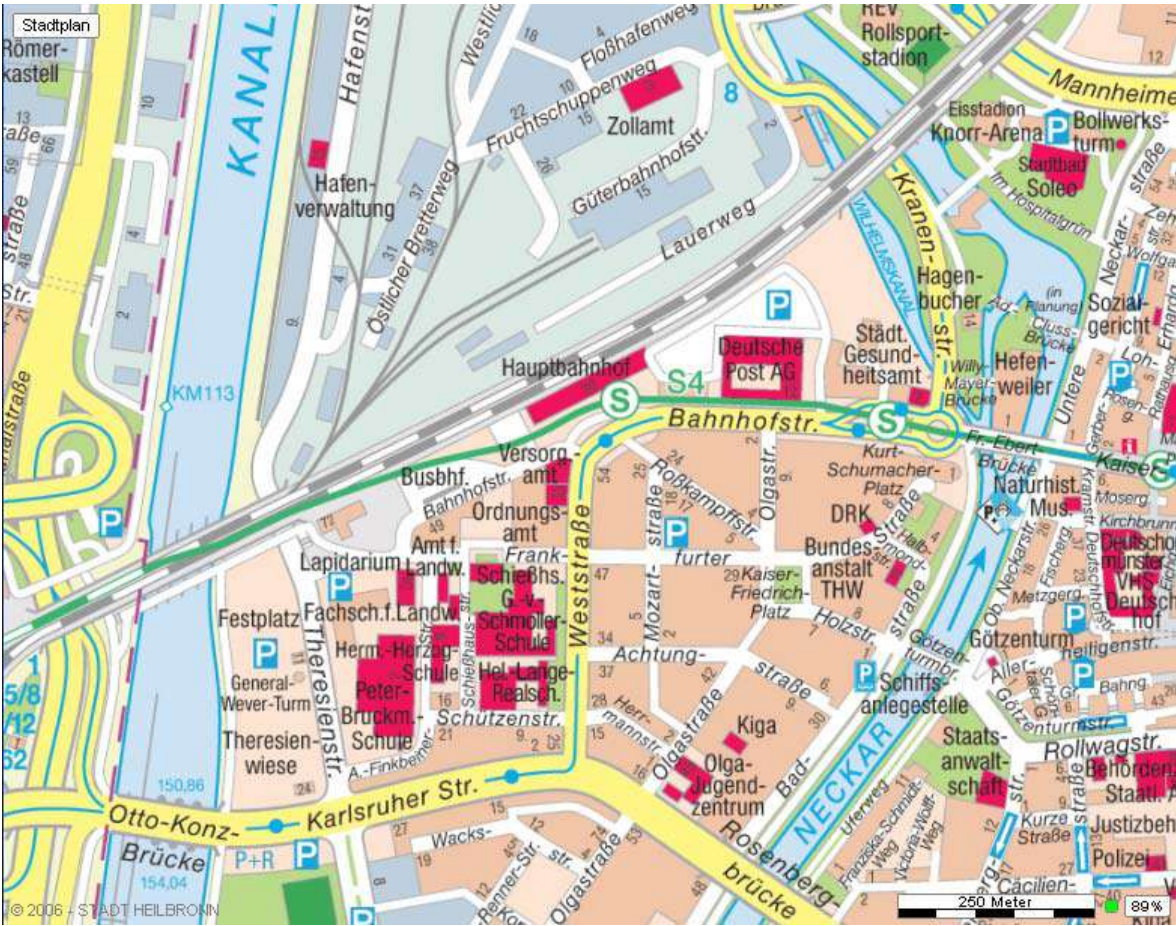
4.3. HEILBRONN

Il sistema di Heilbronn è modellato applicando in maniera diretta il prototipo progettuale di Karlsruhe.



Nella prima fase si è trattato di creare un tracciato urbano passante (linea rossa) che unisse due porzioni di linea ferroviaria regionale (est e ovest, linee blu nella cartina in alto).





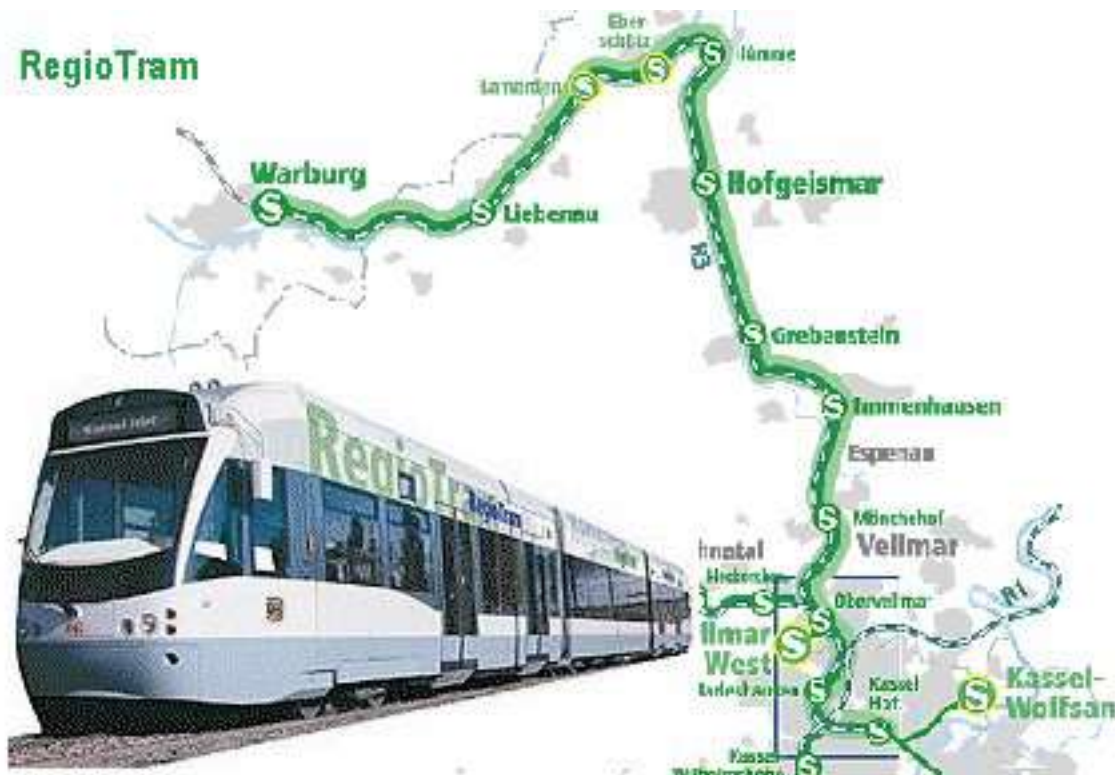


4.4. KASSEL

Kassel sta completando la realizzazione di una rete di tram-treno, combinando linee tranviarie urbane esistenti a ferrovie (suburbane e merci, in talune tratte non elettrificate e a binario unico) per il collegamento con gli agglomerati dell'hinterland.

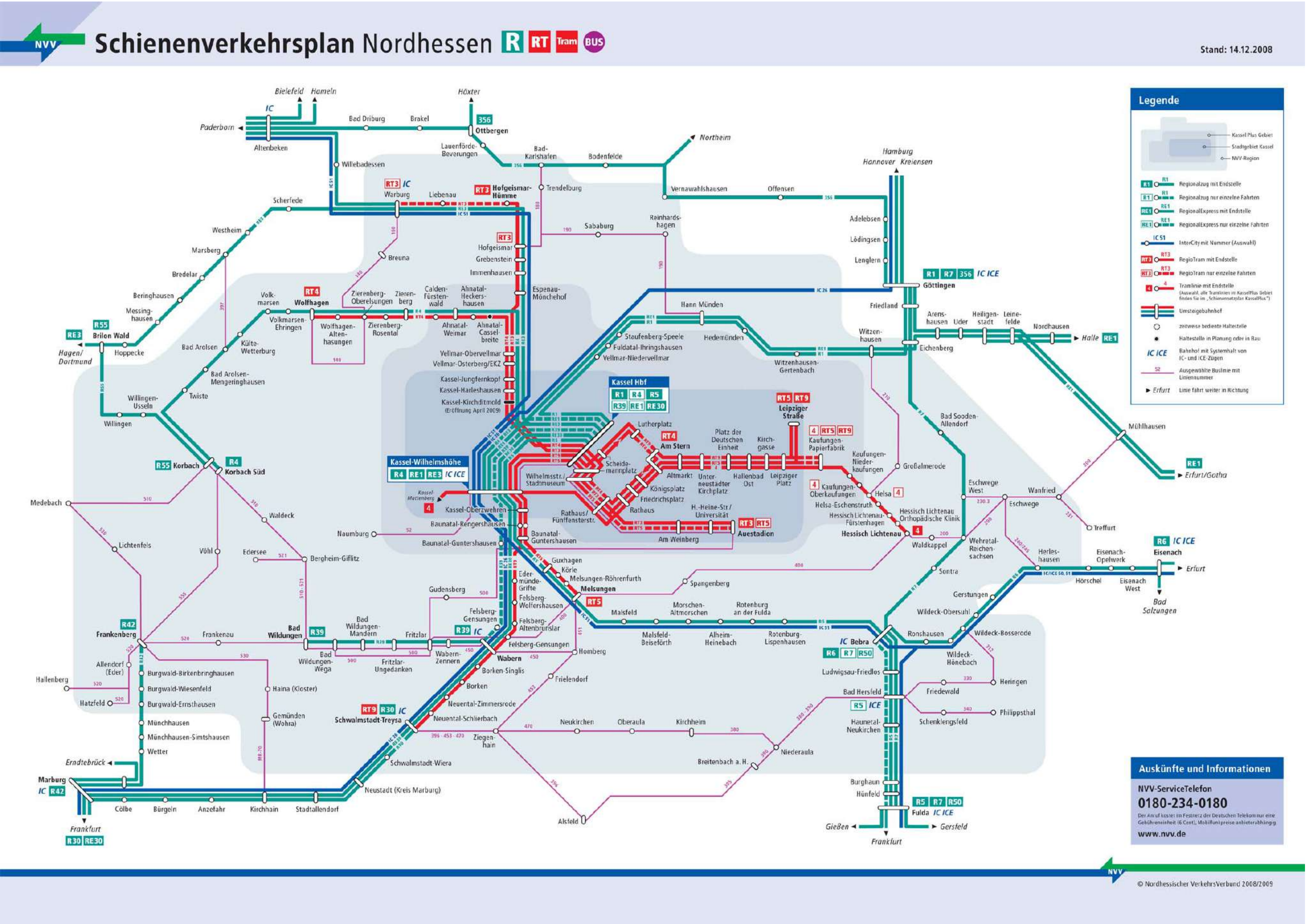
Il sistema si articola in 4 direttrici incentrate sulla stazione ferroviaria centrale di Kassel e che diramano a nord (linea per Hofgeismar-Warburg), sud (Baunatal-Melsungen, con diramazione intermedia per Schwalmstadt-Treysa), est (Helsa-Hessisch Lichtenau), ovest (Zierenberg-Wolfhagen). L'implementazione della rete ha avuto inizio nel 1995 con il prolungamento della tranvia cittadina verso sud fino a Baunatal-Grossenritte sfruttando, in condivisione, il sedime di una ferrovia merci. Nel 2001 è stata la volta di un'ulteriore estensione verso sud-est (Helsa), sfruttando anche qui una ferrovia merci (la Lossetalbahn), di cui è stata completata l'elettrificazione e un parziale raddoppio dei binari. Nello stesso anno è stato avviato il funzionamento della prima tratta di vero e proprio tram-treno (funzionamento in track-sharing e utilizzo di rotabili duali AC/CC dello stesso tipo di quelli di Saarbrücken) lungo la direttrice nord, fino a Warburg. A partire dal 2005 sulla stessa tratta sono entrati in esercizio moderni convogli del tipo Regio Citadis della Alstom a pianale ribassato e funzionamento duale (CC/AC).

Nel 2007 si è avuto il quasi completamento della rete con i collegamenti Kassel-Hessisch Lichtenau, Baunatal-Melsungen, Kassel-Wolfhagen e Baunatal-Schwalmstadt Treysa resi possibili grazie anche alla fornitura di speciali Regio Citadis ibridi (con funzionamento tram in CC e treno in diesel) in grado di percorrere sezioni ferroviarie non elettrificate.

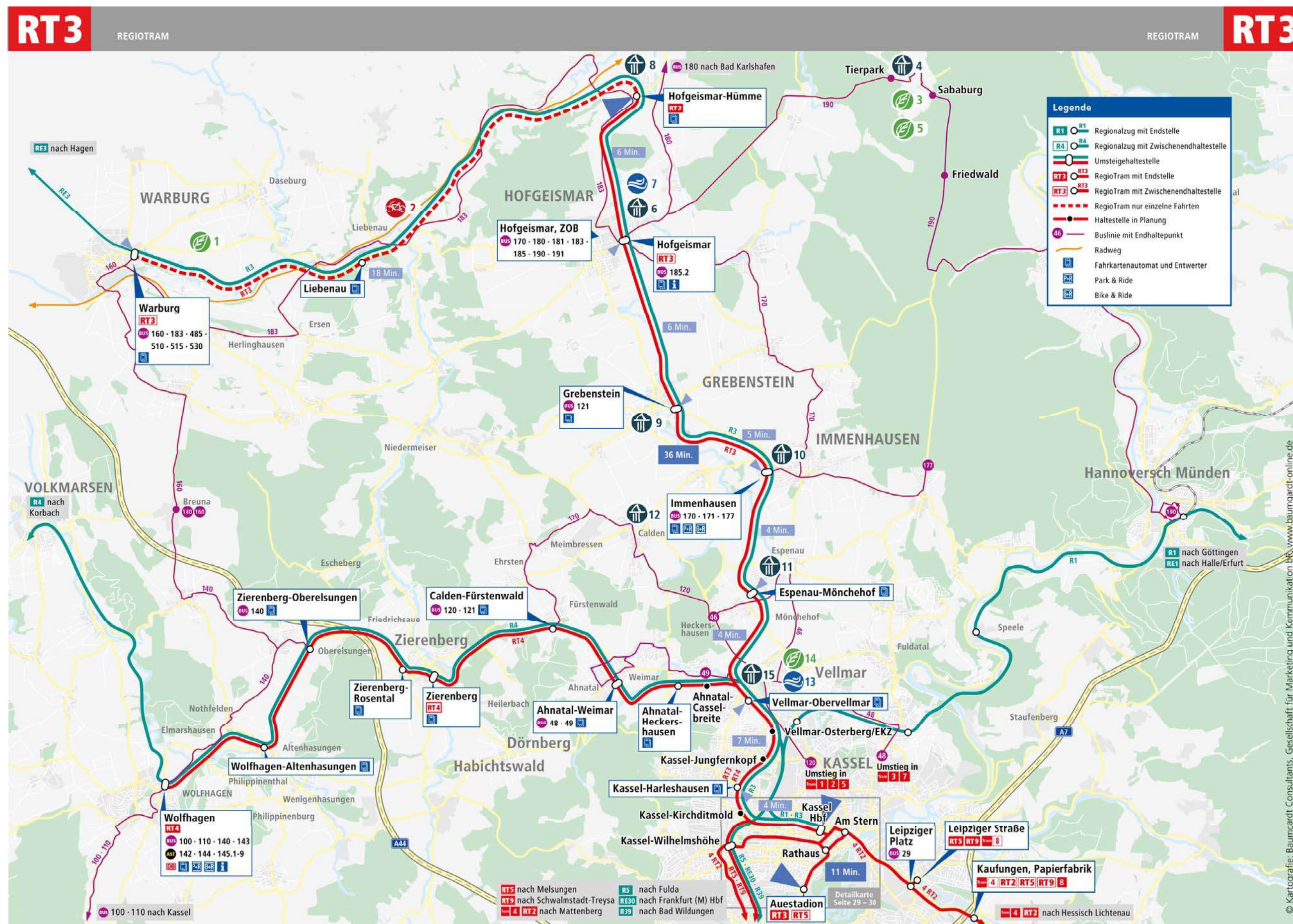


Nazione	Germania
Linea	RegioTram
Abitanti	Comune 201.230; area urbana 397.290 Area metropolitana 823.209
Anno di apertura	1995
Previsione di completamento della linea:	--
Lunghezza (km)	184
Tipologia di tracciato	su binari tranviari e ferroviari esistenti (solo 6 km di nuovi binari)
Stazioni	--
Banchine	--
Porte di Banchina	--
Caratteristiche generali	--
n. mat. rotabile	28 di nuova generazione (di cui 10 ibridi) + tram del tipo Saarbrücken
n. vett.per convoglio	3
Tipologia	ferro, bidirezionale
Dimensioni convoglio (m)	lunghezza: 37, larghezza: 2.65
Capacità convoglio (pax)	220, di cui 90 seduti
Frequenza	--
Alimentazione	dall'alto in 600 CC in modalità tram; in 15 kV AC oppure diesel in modalità treno
Vincolo	rotaia
Velocità Km/h	Max 114
Accel./Decel. (m/sec2)	--
Capacità del sistema	--
Stima di domanda	--
Costo infrastruttura	180 M Euro
Staff	--
Produttore	Alstom
Modello	Regio-Citadis
Note	--











© Nordhessischer VerkehrsVerbund (NVV)



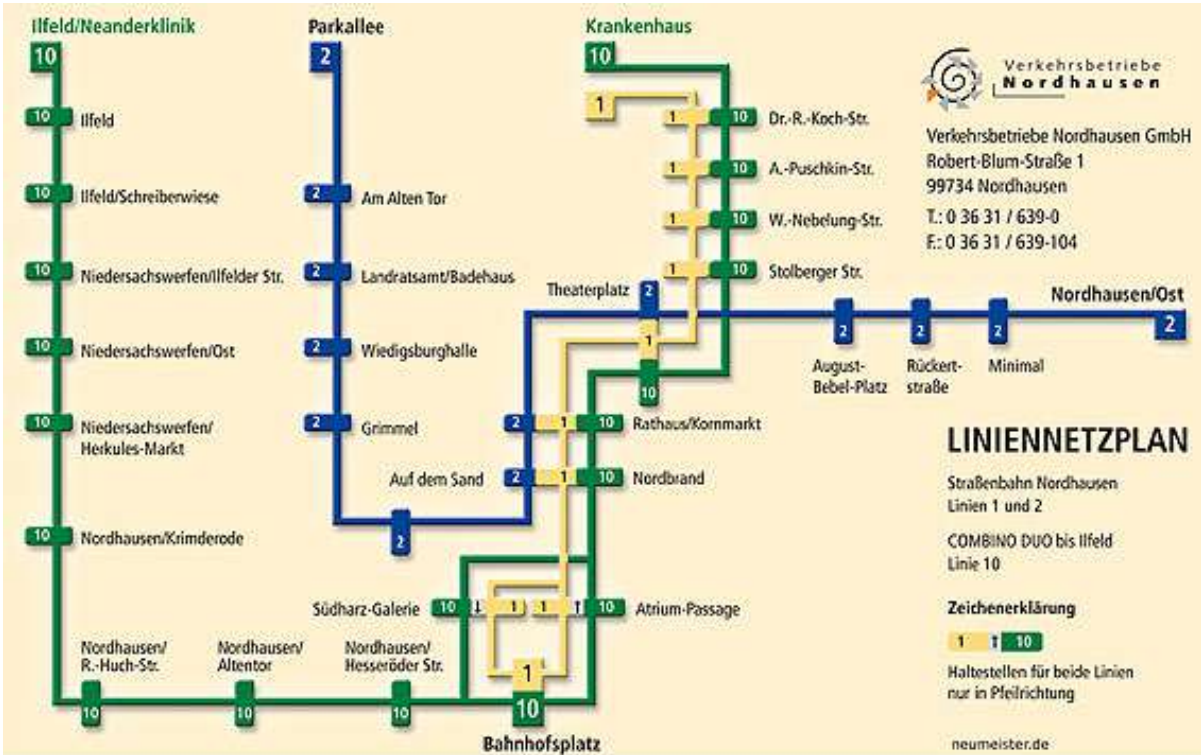


4.5. NORDHAUSEN

La città di Nordhausen, nonostante conti solo 50.000 abitanti, è dotata di una rete tranviaria a scartamento metrico costituita da 2 linee (lunghezza 7 km circa), risalente ad oltre un secolo fa. Il fulcro del sistema tranviario è la fermata della stazione ferroviaria, dove si trova un anello a due binari per l'inversione di marcia sia dei tram elettrici urbani (binario interno) sia dei treni diesel locali della linea Ilfeld-Nordhausen (binario esterno).

Nazione	Germania
Linea	--
Abitanti	Città 48.000
Anno di apertura	2002 (rete rinnovata), 2004 entrata in esercizio del tram-treno
Previsione di completamento della linea:	--
Lunghezza (km)	6.8
Tipologia di tracciato	su sede tranviaria esistente e su sede ferroviaria esistente, con tratte di raccordo
Stazioni	--
Banchine	--
Porte di Banchina	--
Caratteristiche generali	--
n. mat. rotabile	35
n. vett.per convoglio	--
Tipologia	ferro
Dimensioni convoglio (m)	Lungh. m 20, largh. 2.30
Capacità convoglio (pax)	122 di cui 27 seduti
Frequenza	--
Alimentazione	tram elettrici a 750 V CC e tram-treni a 750 V CC/diesel
Vincolo	rotaie a scartamento standard 1,435 m
Velocità Km/h	Max 70
Accel./Decel. (m/sec2)	--
Capacità del sistema	--
Stima di domanda	2,3 milioni pax/anno
Costo infrastruttura	--
Staff	--
Produttore	Siemens
Modello	tram: Combino tram-treno: Duo-Combino

Recentemente sono stati adottati su quest'ultima linea rotabili duali (tram-treno Siemens Combino-Duo, diesel/elettrici) in grado di collegare direttamente Ilfeld a Nordhausen attraverso i binari della tranvia cittadina, senza necessità di cambiare mezzo alla stazione ferroviaria.



5. IL TRAM-TRENO

Le aree urbane a bassa densità rappresentano lo *scenario abitativo di buona parte della popolazione europea*, così come di quella nordamericana: uno sviluppo intenso ed inorganico, accompagnato dal rapido mutamento del contesto sociale, ha reso queste regioni *affette da patologie* di carattere morfologico, sociale e funzionale. Uno dei punti cardine per l'analisi di un tale assetto è indubbiamente il sistema della mobilità, *principio motore di ogni tessuto urbano* e storicamente connesso alla stessa realtà diffusa, in primo luogo nei suoi caratteri funzionali.

Se da un lato è evidente la *scarsa sostenibilità del sistema nell'attuale assetto*, dall'altro l'infinita varietà degli scenari classificabili come città diffusa rende necessaria la ricerca di *soluzioni ogni volta differenti* e dedicate alla singola realtà. Delineare univocamente i caratteri di un sistema di trasporto per la città diffusa sarebbe infatti impossibile, ma soprattutto privo di senso: un approccio *aprioristico* al problema, volto a definire un modulo standard applicabile a tutte le situazioni, ignorerebbe del tutto i caratteri di organicità ed unicità di ogni area suburbana. L'entità dell'investimento caratterizzerebbe inoltre l'errata progettazione di un sistema di trasporto, dovuta all'inadeguatezza nei confronti dell'effettiva domanda del territorio, come un *costo enorme ed inaccettabile*.

L'analisi dei *diversi modi di trasporto* rende invece possibile indicare come alcuni di essi, attraverso *caratteristiche di offerta ed infrastruttura*, offrano maggiore capacità di adattarsi ad un contesto ad urbanizzazione diffusa. Il *tram-treno* costituisce una via ancora nuova ed interessante verso la soluzione di particolari dinamiche di spostamento ma, soprattutto, rappresenta un *diverso modo di leggere i legami che uniscono le realtà suburbane*, capace di *esplicitare il sistema della mobilità in un segno visibile attraverso il territorio*.

5.1. DEFINIZIONE DEL SERVIZIO

Risulta in primo luogo necessario, al di là dell'esperienza di Karlsruhe, delineare i tratti generali che distinguono il servizio di tipo *tram-treno* ed i caratteri che ne fanno una realtà particolarmente adatta a tessuti ad urbanizzazione diffusa.

La classificazione di un servizio di trasporto pubblico su rotaia come *tram-treno* discende indubbiamente dal paragone col *modello Karlsruhe*; la sua caratteristica peculiare risiede nel prevedere la marcia promiscua di veicoli di derivazione tranviaria su tratte ferroviarie aperte anche al traffico pesante. All'interno del quinto programma quadro dell'Unione Europea è stato promosso il progetto *Crossrail*, attivo con lo scopo di analizzare lo scenario del servizio di tram-treno, creare delle linee guida per la sua applicazione e favorirne, attraverso la ricerca di soluzioni alle problematiche irrisolte, la *diffusione come sistema di trasporto alternativo e competitivo rispetto all'automobile*.

Secondo i risultati della prima sessione di lavoro del progetto *Crossrail*, il *modello Karlsruhe* consiste nell'esercizio di una linea tranviaria moderna per l'offerta di un servizio a carattere regionale attraverso l'integrazione di infrastrutture ferroviarie e rete tranviaria urbana.

Fattore peculiare è la *condivisione del binario*, cioè l'esercizio *continuo* dei veicoli di derivazione tranviaria sulla rete ferroviaria pesante assieme a materiale rotabile ferroviario classico, in presenza sia del solo trasporto merci sia di servizi passeggeri.

L'utilizzo di veicoli tranviari permette di *disegnare percorsi* che sfruttano sia la linea ferroviaria extraurbana che la rete tranviaria cittadina, effettuando un servizio su scala regionale, ma in grado di penetrare nel tessuto urbano; ciò permette di ottenere, anche su servizi a media percorrenza, una *buona prossimità ai bacini di origine e destinazione*, attraverso la creazione fermate ravvicinate nei centri abitati. Le dimensioni ridotte dei veicoli tranviari, la rapidità di accesso in vettura e le ottime prestazioni di accelerazione permettono di realizzare gli stessi collegamenti svolti precedentemente con treni regionali effettuando molte più fermate *senza penalizzare i tempi globali di percorrenza*.

Un rotabile tranviario può essere adattato facilmente alla marcia con segnalamento a norma ferroviaria, ma rimane abilitato anche alla guida a vista; nella relazione del progetto *Crossrail* si evidenzia infine come grazie alle dimensioni ed al peso contenuti esso generi rispetto ad un'automotrice ferroviaria rumore e vibrazioni sensibilmente minori, uniti a costi di acquisto ed esercizio molto più bassi.

Accanto all'analisi delle caratteristiche dei sistemi tram-treno, delle ragioni del successo che fino ad ora ha accompagnato la loro implementazione e delle maggiori difficoltà ancora da affrontare, il progetto *Crossrail* pone inoltre particolare attenzione alla realizzazione di reti transnazionali.

La realizzazione di un sistema di trasporto pubblico che attraversi un'area a cavallo dei confini nazionali, come ad esempio nel caso di Saarbrücken, costituisce un elemento di rilevante valore politico e sociale per l'Unione Europea in quanto possibile strumento per il processo d'integrazione del territorio⁷.

La relazione del *crossrail* sottolinea inoltre come la natura promiscua del tram-treno riproponga su scala locale le stesse problematiche tecniche e legislative, relative all'integrazione dei diversi sistemi ferroviari europei, affrontate a livello macroscopico nella Commissione Trasporti.

Il successo della linea di Saarbrücken risiede quindi sia nella quota di passeggeri trasportati, sia nella riuscita integrazione delle reti Tedesca e Francese, attraverso un proficuo confronto tra DB e SNCF; per quest'ultima l'esperienza di Saarbrücken ha permesso l'importazione di un modello di mobilità su cui ha

⁷ Attraversare con una linea di forza un'area compresa nel territorio di due nazioni significa innanzitutto favorire l'instaurarsi di forti relazioni a carattere locale che superino la cesura artificialmente creata dalla linea di confine, coinvolgere autorità territoriali differenti in un progetto comune e, infine, rappresentare fisicamente e semanticamente il nuovo paradigma territoriale promosso dall'Unione.



rapidamente investito in termini di ricerca e realizzazione, diventandone la maggiore sostenitrice a livello europeo.

5.2. SISTEMI TRAM-TRENO EFFETTIVI ED IMPROPRI

Una corretta definizione del concetto di tram-treno non può prescindere dall'analisi di alcuni esempi di reti con *effettiva condivisione di binario* e di sistemi che, pur avvicinando il mondo tranviario e quello ferroviario, non operano una *completa integrazione*. Come già descritto, fattore distintivo del tram-treno è l'utilizzo di tratte ferroviarie in maniera non esclusiva, ovvero il loro *mantenimento in stato di completa operatività per il traffico pesante* in termini funzionali e temporali; tale condizione, sicuramente più complessa ed in alcuni casi più costosa da realizzare, offre però il vantaggio di mantenere la rete su ferro flessibile a qualsiasi utilizzo presente e futuro, ottenendo quindi maggiore flessibilità e migliore sfruttamento dell'infrastruttura. In termini culturali, inoltre, il confronto diretto tra il mondo ferroviario e quello tranviario pone le basi per l'eliminazione di una innaturale cesura tra due realtà parallele, *in origine tutt'altro che separate*, a vantaggio di politiche combinate per il necessario rilancio del trasporto su ferro.

A. SISTEMI TRAM-TRENO PROPRI

Saarbrücken: La città di Saarbrücken è il capoluogo del Land della Saar, fino a pochi decenni fa caratterizzato dalla presenza di miniere di carbone: nel raggio di 20 km attorno alla città si stendono ben 180 km di ferrovie e raccordi.

A partire dal 1992 inizia la progettazione di una nuova linea sul modello di quella di Karlsruhe: la Stadtbahn è lunga 42 km, parte da Saargemund, in Francia, utilizza un tratto di linea DB fino alla stazione di Saarbrücken quindi prosegue nel centro cittadino in sede in gran parte riservata, attraversa Regelberg per poi confluire di nuovo sulla rete DB fino a Lebach: la velocità media sull'intero percorso è di 34,5 km/h con frequenze da 5 a 15 minuti (*Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.*).

Kassel: Nel 1995 la Kasseler Verkehrs GmbH inaugura il prolungamento della preesistente linea urbana 5 verso Baunatal, una cittadina di 25000 abitanti, utilizzando il tracciato della linea privata di trasporto merci KNE; tra il 1999 ed il 2002 vengono aperte anche le tratte verso Lossetal, su linea DB, e Wolfhagen, sempre su linea merci non elettrificata. Kassel (*Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.*) sperimenta quindi con successo la condivisione di binario sia con servizi passeggeri che merci, utilizzando veicoli bitensione o ibridi.

Alicante: oggi la regione di Alicante, in Spagna, è servita da una ferrovia regionale a scartamento metrico di 93 km che collega il capoluogo a Denia. La *Ferrocarriles de la Generalitat Valenciana (FGV)*, dopo test

effettuati nel 1999, ha iniziato la costruzione di un collegamento tranviario tra il centro di Alicante e Altea, a 55 km di distanza, mediante l'utilizzo di parte della ferrovia, raddoppiata ed elettrificata. Il servizio su una tratta ridotta è già iniziato, mentre entro il 2005 si prevede il completamento del progetto e l'esercizio di nuove vetture speciali RegioCitadis di produzione Alstom capaci di viaggiare a 100 km/h su tratta ferroviaria, accogliendo 303 passeggeri⁸.

Aulnay: nella cintura parigina è in corso di realizzazione un collegamento tranviario tra Aulnay-sous-Bois e Bondyentre, destinato a collegare due rami paralleli della RER. Il tracciato utilizzerà un raccordo ferroviario di 8 km realizzato nel 1875, che sarà raddoppiato e dotato di nuovo armamento; la RATP, in collaborazione con la SNCF, ha già ordinato una prima serie dei convogli Avanto di Siemens e prevede la realizzazione di altri collegamenti tramite la condivisione di binario. Questi progetti fanno parte di un più ampio progetto di realizzazione di nuove linee tranviarie a Parigi, un importante ritorno a decenni dalla totale rimozione⁹.

B. SISTEMI TIME-SHARING

San Diego: la fitta rete ferroviaria e tranviaria che serve San Diego vive da più di venti anni un continuo e vivace sviluppo grazie alla buona integrazione di servizi merci, passeggeri a breve e lunga distanza. Con l'apertura della Red Line nel 1981 San Diego rappresenta uno dei primi e positivi esempi di LRV negli Stati Uniti; la sua rete si caratterizza anche per la condivisione di binario tra servizi merci e tram. Non è corretto in questo caso parlare di sistema *tram-treno* in quanto la linea viene occupata dalle due differenti tipologie di servizio in fasce orarie distinte: il tram corre durante tutto il giorno mentre i servizi merci vengono effettuati di notte.

Palermo: per il nuovo sistema di mobilità urbana di Palermo, fortemente basato sul rilancio del trasporto su ferro, AMAT e ITALFERR avevano inizialmente ipotizzato la realizzazione del collegamento tra l'attuale anello metropolitano Notarbartolo - Giachery e la stazione centrale in sede tranviaria; tale ipotesi, fortemente competitiva in termini di costi, prevedeva quindi l'esercizio di veicoli tranviari per l'intero servizio metropolitano, quindi anche nel tratto di proprietà RFI, mediante l'assegnazione di fasce orarie esclusive sul modello di San Diego. Diverse difficoltà emerse presso RFI hanno poi fatto sì che il progetto si trasformasse in passante ferroviario convenzionale parzialmente in galleria; parallelamente a questa realizzazione, Palermo prevede l'attivazione di tre linee tranviarie ed una metropolitana leggera automatica.

⁸fonte: FGV, Agosto 2004

⁹Fonte: Paris Ceinture, www.parisceinture.com, Luglio 2004





C. CONVERSIONE DI TRONCHI FERROVIARI A TRANVIARI

Manchester: la struttura della rete ferroviaria della città industriale di Manchester, basata sulle tre grandi stazioni di Victoria, Central e London Road, manifesta sin dai primi anni del secolo un punto debole, cioè il difficile transito interstazionale. Dopo aver valutato differenti alternative, la città decide negli anni ottanta la realizzazione progressiva di una estesa rete tranviaria moderna, destinata a sostituire alcuni servizi ferroviari non più funzionali attraversando anche il centro cittadino. Molte linee ferroviarie secondarie, come quella verso Bury o l'aeroporto, subiscono ridotte operazioni di adeguamento e vengono totalmente separate dai binari destinati al traffico pesante; nel frattempo nel centro cittadino vengono realizzati nuovi tracciati tranviari dotati di parziale segnalamento, sede riservata e sistemi di preferenziamento.

I veicoli, di produzione Alstom, utilizzano ruote dal profilo non standard simile a quello adottato a Karlsruhe; il pianale a 950 mm rende ottimale l'accesso dalle banchine alte, di origine ferroviaria o di nuova costruzione, mentre per le fermate in centro sono previsti gradini a scomparsa. Il Metrolink è in sintesi una tipica tranvia moderna in cui alcune parti del percorso sono state convertite da uso ferroviario a transito esclusivamente tranviario.

Sassari: anche il nuovo sistema tranviario promosso dalle Ferrovie della Sardegna sfrutterà in maniera esclusiva linee ferroviarie in disuso: la linea collegherà il centro di Sassari, dove è quasi ultimato il tracciato tranviario, con Alghero e Sorso. Il tratto extraurbano sarà ricavato da una vecchia linea a scartamento metrico ora elettrificata: sulle nuove vetture Sirio di AnsaldoBreda saranno infatti montati cerchioni con profilo modificato e migliori caratteristiche meccaniche.

5.3. LE INFRASTRUTTURE SUL TERRITORIO

La realizzazione di un sistema tram-treno avviene mediante l'*utilizzo congiunto di linee tranviarie e di linee ferroviarie*: nella realtà tedesca all'origine della condivisione del binario col traffico pesante risiede la *necessità di utilizzare infrastrutture già disponibili* per abbattere i costi¹⁰. Nel resto d'Europa le linee tranviarie sono invece molto meno diffuse (*Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.*), così come in Italia, mentre la *disponibilità di capacità residua* sulle linee ferroviarie regionali cambia da paese a paese: è quindi necessario chiedersi se la realizzazione di un sistema tram-treno risulti *conveniente solo nel caso della disponibilità di entrambe le tipologie di infrastruttura*, classificandola quindi come una *soluzione di nicchia*, o se tale soluzione sia *competitiva in termini di rapporti costi - benefici anche in*

¹⁰ la Germania è infatti un paese *storicamente ricco sia di linee tranviarie in esercizio sia di linee ferroviarie*, molte delle quali sottoutilizzate o addirittura chiuse al traffico; in questo contesto appare logico sfruttare entrambe le risorse disponibili al fine di implementare un nuovo servizio con investimenti ridotti;

differenti contesti.

Paesi UE	Km di linee tranviarie
Austria	351
Belgio	299
Cipro	0
Danimarca	0
Estonia	39
Finlandia	75
Francia	125
Germania	2828
Grecia	0
Irlanda	0
Italia	451
Lettonia	0
Lituania	0
Lussemburgo	0
Malta	0
Paesi Bassi	370
Polonia	936
Portogallo	88
Regno Unito	208
Repubblica Ceca	339
Slovacchia	310
Slovenia	0
Spagna	331
Svezia	149
Ungheria	362
Totale UE	7265
Paesi non UE	Km di linee tranviarie
Norvegia	185
Romania	504
Russia	3356
Serbia	35
Svizzera	257

Fig. 5. Diffusione ed estensione delle reti tranviarie in Europa¹¹

Si configurano in questo modo *diversi scenari ipotetici* in cui la realizzazione delle infrastrutture per un servizio tram-treno può presentare differenti livelli di intervento; nei vari casi la valutazione di convenienza avviene mediante il confronto con le soluzioni alternative disponibili.

¹¹ Dati aggiornati a cura della *Light Rail Transit Association*.



PRIMO SCENARIO

Nell'area sono presenti sia un sistema tranviario che tronchi ferroviari con capacità residua

Questa configurazione riflette la realtà che ha storicamente generato il modello *tram-treno*, ovvero quella in cui l'integrazione avviene tra due reti esistenti e quindi, almeno teoricamente, con un *minimo investimento in termini di realizzazioni infrastrutturali*.

La presenza di reti tranviarie già operative, in Germania come nel resto d'Europa, denota generalmente la presenza di un organismo urbano di medie dimensioni: la connessione con le linee ferroviarie regionali, così come è avvenuto a Karlsruhe, ha però la funzione di estendere la linea di forza urbana proprio *verso quella realtà suburbana*, fatta di piccoli centri, *che gravita attorno ad essa*.

Se da un lato il fatto che le infrastrutture siano già presenti mantiene bassi i costi per la realizzazione della rete, dall'altro il loro utilizzo comporta l'adeguamento a *standard e regolamenti non modificabili*. Come verrà meglio analizzato in seguito, ciò si traduce in difficoltà nella progettazione dei veicoli, fino a *giungere in alcuni casi all'impraticabilità della soluzione*.

Valutazione delle alternative: in uno scenario di questo tipo la realizzazione di una linea che operi in condivisione di binario va a costituire un servizio capace di affiancare o sostituire integralmente una linea ferroviaria regionale; l'alternativa è costituita dalla trasformazione dello stesso servizio ferroviario in chiave metropolitana, di tipo *S-Bahn* ad esempio, rispetto alla quale il tram-treno garantisce maggiore flessibilità e minori costi. Mentre nel caso di una linea metropolitana la realizzazione di nuove stazioni o di modifiche nei tracciati comporta investimenti ingenti e pesanti ricadute sull'assetto urbanistico, i tracciati tranviari possono attraversare il tessuto abitato senza bisogno di protezione della sede e le fermate sono costituite da semplici marciapiedi.

Il minor ingombro della sede tranviaria ed i ridotti raggi di curvatura rendono inoltre molto più semplice e libero il disegno del tracciato, rendendo più facile andare ad intercettare le zone a più alta domanda; costi di impianto e gestione della linea così come rumore e vibrazioni generati sono sensibilmente minori.

La scelta di un sistema di tipo tranviario è naturalmente possibile solamente qualora la domanda stimata *non richieda l'installazione di sistemi più capaci*: valori di tale entità sono però difficilmente riscontrabili in contesti a bassa densità, nei quali invece il trasporto pubblico si affida solitamente a sistemi su gomma di ridotte prestazioni. Ultimo ma non meno importante vantaggio legato all'utilizzo di un *sistema tram-treno* consiste nel realizzare collegamenti diretti dall'area suburbana al cuore di eventuali centri funzionali o commerciali, *senza un trasferimento modale altrimenti necessario*.

In un contesto che offre *sia reti tranviarie che ferroviarie*, una reciproca connessione offre in sintesi la possibilità di realizzare, con costi ridotti, un servizio dotato di elevata velocità commerciale, capace di

intercettare un'alta domanda e caratterizzato da costi paragonabili a quelli di una normale tranvia moderna: realizzare il trasporto *door to door* anche su lunghe distanze ed in un contesto di *periurbain* con costi e tempi competitivi con l'automobile è, quindi, possibile.

Una situazione paragonabile a questo scenario è, ad esempio, quella della regione di Mulhouse [92]: a partire da un progetto di tranvia moderna in avanzato stato di realizzazione l'ente ferroviario francese ha progettato una *connessione con la propria rete* al fine di prolungare il tracciato verso la cintura urbana¹².

SECONDO SCENARIO

Nella regione è presente una linea ferroviaria regionale con capacità residua o dismessa

In questo caso il territorio è *dotato di una linea ferroviaria di interesse regionale* disponibile ad accogliere nuovi convogli in quanto dotata di capacità; la condivisione di binario potrebbe avvenire, come nei casi tedeschi, anche con linee ferroviarie interessate da traffico a lunga percorrenza, ma la possibilità che su di esse vi siano le condizioni per far circolare veicoli tranviari senza provocare disagi sono poche.

Risulta invece molto diffusa sul territorio europeo la presenza di *linee secondarie interessate da servizi passeggeri non remunerativi*: la crisi del trasporto ferroviario che ha interessato l'Europa negli ultimi vent'anni ha infatti investito in primo luogo i servizi regionali, non più capaci di *offrire dinamiche di spostamento concorrenziali*¹³. Numerosi sono anche i casi di linee adibite al solo traffico merci che invece potrebbero, grazie alla geometria del loro tracciato, offrire servizi passeggeri¹⁴.

Il territorio italiano è ricco di tronchi ferroviari, come la linea Siracusa-Vizzini o la Fano-Urbino, non adatti ad ospitare linee ferroviarie o metropolitane perché interessati da domanda troppo bassa o perché troppo lontani dai bacini di utenza, ma che potrebbero costituire la base per servizi di tipo tram-treno: basterebbe infatti realizzare *deviazioni tranviarie* verso i centri abitati limitrofi, con una spesa contenuta.

Valutazione delle alternative: in questo tipo di scenari, ovvero in presenza di linee ferroviarie da convertire ad uso più corretto, le soluzioni alternative sono rappresentate da un lato dal ripristino del

¹² In modo analogo SNCF prevede di poter sostituire con sistemi tram-treno molte delle sue linee regionali, oggi in passivo.

¹³ In Italia è possibile ricordare la linea Mantova-Peschiera [57], che offre oggi un servizio poco competitivo ed ancora attivo solo grazie ai contributi statali: a nuove corse veloci di collegamento tra i nodi principali potrebbero essere affiancati servizi effettuati con materiale tranviario, permettendo di deviare i tracciati all'interno dei centri abitati e di contenere molto i costi di gestione dell'intero sistema;

¹⁴ meno numerose ma ancora più interessanti sono inoltre le linee ferroviarie ancora armate ma in disuso, le quali offrono tracciati in sede protetta che possono essere resi nuovamente operativi con una spesa ridotta; molti di questi tracciati appartenevano a linee ferroviarie private o tranviarie extraurbane, rimosse solitamente nella seconda metà del ventesimo secolo, ed offrono ancora oggi itinerari interessanti anche da un punto di vista storico-paesaggistico: è il caso, ad esempio, del sedime della vecchia tranvia Austro-Ungarica su cui è stata recentemente realizzata la linea Trento-Malé



servizio ferroviario o dal suo potenziamento in chiave metropolitana, dall'altro da un totale abbandono del ferro. Nella prima ipotesi, analizzata già precedentemente, l'opportunità di nuovi servizi ferroviari va valutata a fronte delle dimensioni della domanda che la linea sarebbe chiamata a soddisfare: per livelli inferiori ai diecimila passeggeri all'ora il tram-treno risulta essere la soluzione più conveniente.

Difficilmente inoltre un tracciato caratterizzato da basso traffico può essere rivitalizzato solo tramite l'impiego di nuovo materiale rotabile: andrebbe invece prevista la realizzazione di nuove fermate e di nuovi tronchi¹⁵. L'opzione di abbandono del ferro consiste invece nella rimozione totale dell'armamento e nella destinazione del sedime a pista ciclabile o a corsia preferenziale per mezzi su gomma di varia natura: se nel primo caso la discriminante è ovviamente la residua utilità del tracciato, nel secondo il problema è più di carattere politico.

L'utilizzo dei vecchi sedimi ferroviari come corsia preferenziale per autobus non offre chiaramente vantaggi né in termini di costo né in termini di qualità del servizio in un paragone a medio termine con un tram-treno: tale orientamento nasconde, come insegnano le esperienze statunitensi di BRT, la volontà di trasformare gradualmente degli spazi riservati al trasporto su ferro in nuove *arterie per il trasporto individuale*.

La realizzazione di un sistema di tipo tram-treno in questo tipo di scenario, come è avvenuto nel caso di Saarbrücken o, in maniera parziale, a Sassari, elimina inoltre ogni problema di compatibilità riguardante il materiale rotabile; l'unica difficoltà risiede invece nella necessità, da parte del gestore locale, di realizzare da zero le strutture di supporto e manutenzione del sistema tranviario e di acquisire il relativo know-how.

In sintesi, anche in questo caso la realizzazione di sistemi tram-treno è relativamente *poco onerosa e problematica* in rapporto ai vantaggi ottenibili e si adatta bene sia alla realtà trasportistica ed economica di città diffusa che al livello qualitativo richiesto dai suoi abitanti.

Rispetto ad un utilizzo di tipo esclusivamente tranviario, come avvenuto nel caso di Manchester, una rete promiscua si rivela più flessibile rispetto ad usi differenti: accanto al servizio leggero, infatti, possono in questo caso coesistere servizi ferroviari pesanti, passeggeri o merci, senza alcuna penalizzazione reciproca. Va in ultima analisi aggiunto che il mantenimento in opera dell'infrastruttura ferroviaria potrebbe costituire una *condizione essenziale* per il suo utilizzo nel caso, molto frequente, in cui il sedime sia proprietà dell'ente gestore della rete ferroviaria nazionale.

¹⁵ altra possibile considerazione riguarda il fatto che solitamente tali tronchi ferroviari secondari sono a singolo binario: l'utilizzo di materiale tranviario faciliterebbe operazioni future di raddoppio grazie alla sagoma ridotta;

Terzo scenario

Totale assenza di infrastrutture ferroviarie

Questo è sicuramente lo scenario in cui l'applicazione del modello tram-treno è più remota e difficile da giustificare: ipotizzare che in regioni ad urbanizzazione diffusa prive di infrastrutture ferroviarie disponibili possa essere realizzato un sistema tram-treno può avvenire solo a patto di trovare forti motivazioni strategiche.

Valutazione delle alternative: una linea tram-treno si pone prevalentemente come linea di forza, soprattutto in assenza di altre strutture a maggiore capacità; le scelte alternative sono quindi rappresentate da una linea metropolitana pesante o leggera di superficie o da una linea tranviaria moderna. Il primo fattore discriminante riguarda come sempre la *portata massima ipotizzabile* sulla linea, la quale può rendere necessaria, seppur costosa, la realizzazione di una linea metropolitana; nel caso in cui tali livelli di domanda non siano previsti, la realizzazione di una linea tranviaria moderna si caratterizza per costi sensibilmente più contenuti.

La realizzazione di un sistema tram-treno da zero assume significato solamente nell'ottica di un *progetto di mobilità su larga scala* che preveda la necessità sia di servizi, passeggeri o merci, con materiale ferroviario pesante, sia di un servizio di trasporto pubblico locale a carattere suburbano. In questo caso avrebbe senso progettare i due tracciati in maniera tale che sfruttino quanto più possibile dei tronchi comuni, col fine ultimo di contenere i costi; qualora invece tale possibilità sia remota o poco probabile, la scelta di una tranvia moderna appare *sicuramente più corretta*.

Rimane in ogni caso da considerare come le nuove realizzazioni di tranvie moderne tendano sempre più ad avvicinarsi a standard dimensionali ferroviari, rendendo sempre più labile il confine tra i due mondi.

Sulla base di queste ipotesi è possibile affermare che il *tram-treno* può avere un ruolo nel sistema della mobilità di diverse regioni europee, riconoscibili a grandi linee nelle prime *due tipologie di scenario*.

La presenza di numerose aree di potenziale applicazione da un lato giustifica l'interesse che l'Unione Europea, nella forma di diversi gruppi di studio, dimostra nei confronti dei sistemi promiscui, dall'altra rende più urgente la soluzione delle difficoltà ancora presenti nell'implementazione.

5.4. PRINCIPALI OSTACOLI ALLA REALIZZAZIONE

Se da un punto di vista tecnico il mondo ferroviario e quello tranviario sono molto vicini, nella realtà essi sono cresciuti *parallelamente* senza avere importanti contatti già dalla fine dell'800; ipotizzare una connessione funzionale tra i due mondi presenta quindi molti problemi, soprattutto di carattere normativo.



Ferrovia e tranvia si sono infatti distinte da sempre per le differenti modalità di esercizio, dovute in gran parte alle diverse dinamiche di guida del veicolo: in ambito ferroviario il problema principale risiede nel regolare le *distanze reciproche* di convogli dalle *diverse velocità e percorrenze*, al fine di ottimizzare il sistema. La sede è totalmente protetta, senza interferenze, le velocità sono elevate così come gli spazi di arresto: per la massima sicurezza vengono continuamente sviluppati sistemi di segnalamento che determinano la velocità ottimale per ogni singolo treno, regolata poi in automatico o dal macchinista in base a segnali codificati.

Una vettura tranviaria procede invece con *marcia a vista*, i veicoli si muovono sulla rete in maniera omogenea in quanto simili nelle prestazioni e nelle velocità; i problemi relativi alla guida di un veicolo tranviario riguardano la promiscuità con un caotico traffico veicolare, il quale può impedire la marcia occupando la sede. Al fine di evitare incidenti e per limitare gli effetti negativi delle frequenti soste i veicoli sono stati dotati di sistemi capaci di *accelerazioni e decelerazioni molto elevate*.

Riguardo alle sole dinamiche di moto le due tipologie di trasporto possono essere descritte con curve di variazione della velocità nel tempo antitetiche: nel caso della ferrovia un itinerario medio a corto raggio può essere rappresentato con una funzione che in pochi punti, che rappresentano le fermate, *tende progressivamente allo zero* per poi risalire, molto lentamente, fino a valori anche molto alti di velocità, mantenendo per una *ridotta quota di tempo* il valore massimo.

Nel caso di un itinerario tranviario i punti di annullamento del valore di velocità sono invece *molto frequenti*, corrispondenti a tutte le fermate ed alle soste determinate dal traffico; la curva però sale *molto rapidamente* al livello di velocità massima, bassa in valore assoluto, ed altrettanto rapidamente scende a zero.

I due differenti comportamenti *non hanno solamente influenzato* in senso diametralmente opposto lo *sviluppo tecnico* delle due tipologie di veicolo, ma hanno soprattutto portato a *due diverse regolamentazioni di esercizio*.

Il primo problema da affrontare in sede di progettazione di un sistema di tipo tram-treno è però sicuramente di carattere normativo, ovvero riguarda la ricerca di soluzioni tecniche o gestionali tali da rendere l'esercizio *compatibile con entrambi gli approcci*: da questo punto di vista la legislazione in materia esprime solamente una generica praticabilità di soluzioni di questo tipo.¹⁶

¹⁶Nella norma UNIFER 8379, riguardante la definizione delle caratteristiche delle diverse tipologie di trasporto su ferro, si dice infatti che *è possibile l'esercizio in condizioni di intercircolazione su sistemi tipologicamente diversi ed interconnessi, ferme restando le caratteristiche proprie di ciascuno dei sistemi*.

Nella gestione di questo problema intervengono diversi attori:

- *l'ente normativo nazionale, che in materia ferroviaria fa riferimento all'organo internazionale UIC; esso dovrebbe lasciare una certa libertà di manovra all'interno delle casistiche previste dai regolamenti;*
- *l'organo ministeriale vigilante sulla sicurezza di esercizio, il quale possiede facoltà di giudizio riguardo alla corretta applicazione delle normative;*
- *il gestore della linea ferroviaria ed il suo ente normativo interno, i quali devono aprirsi all'analisi di uno scenario di esercizio non contemplato nei propri regolamenti;*
- *l'esercente del servizio tranviario già esistente o da realizzare, che deve essere capace di mediare le esigenze espresse dagli enti normativi ferroviari con quelle riguardanti l'esercizio tranviario e con le indicazioni del codice della strada, trovando soluzioni che risultino economicamente percorribili;*
- *l'autorità politica ed amministrativa, a livello cittadino ma soprattutto regionale, che deve garantire sia la corretta pianificazione del servizio che il rispetto delle esigenze del territorio, garantendo la buona riuscita del progetto.*

Per quanto riguarda l'UIC, ovvero l'*Union Internationale des Chemins de Fer*, la sua influenza sui singoli gestori di rete è ancora limitata e non si è mai in ogni caso manifestata in *vincoli particolari all'esercizio promiscuo*; il suo ruolo è invece strategicamente importante in quanto chiave per l'omogeneizzazione delle normative nazionali, in particolare a livello europeo¹⁷.

Particolarmente vincolante è invece l'approccio dei *gestori di rete*: la circolazione promiscua così come la realizzazione stessa delle connessioni è subordinata alla presenza di un reale vantaggio economico percepito. La recente separazione, avvenuta in molti paesi europei, tra gestore della rete e fornitore del servizio favorisce senza dubbio una maggiore apertura verso nuove soluzioni.

Tutti i problemi risultano risolvibili in termini tecnici¹⁸, ma necessitano soprattutto di un approccio alla norma orientato più all'ottenimento dei risultati che al rispetto dei singoli vincoli: ciò significa non applicare specifiche quantitative alle caratteristiche ed alle prestazioni del rotabile, quanto piuttosto *porre degli obiettivi*, ad esempio per quanto riguarda la sicurezza, e verificare che le soluzioni adottate siano efficaci.

Questo tipo di approccio ha caratterizzato il comportamento sia delle Deutsche Bahn che della SNCF, ma

¹⁷ a questo proposito è fondamentale il ruolo di progetti europei quali CrossRail, Libertin, Prosper e Safetram che puntano ad ottenere, pur nei diversi approcci, linee guida per la standardizzazione delle reti tranviarie nel territorio dell'unione.

¹⁸ la circolazione di veicoli tranviari entra in conflitto con i regolamenti delle reti nazionali per quanto riguarda il dimensionamento generale, il peso per asse troppo ridotto, il profilo delle ruote ed altri fattori di carattere tecnico, ma soprattutto in merito al regime di marcia ed alla sicurezza;



può essere chiaramente motivato solo attraverso la creazione di valore per lo stesso gestore; l'ente francese, ad esempio, si sta muovendo con decisione verso soluzioni di tipo tram-treno in quanto in esse individua modalità a basso costo per riattivare i *rami secchi* delle linee regionali, attraendo nuovi segmenti di clientela.

Il gestore del servizio e della linea tranviaria ha invece il ruolo fondamentale di controllare che attraverso le modifiche all'esercizio richieste per la circolazione ferroviaria, il tram-treno non diventi incompatibile con la marcia in ambiente urbano; esso quindi deve, anche grazie alla sua eventuale esperienza, controllare la compatibilità con le norme tranviarie nazionali ed interne, ad esempio in merito al comportamento della ruota nei deviatori¹⁹.

Per la buona riuscita del progetto è necessario però che esista, nella veste di gestore cittadino, di autorità amministrativa o di ente ferroviario nazionale, un *interlocutore principale fortemente interessato* al progetto e capace di gestire con efficacia sia le problematiche tecnico-normative che quelle economiche; nella realtà dei piccoli centri della città diffusa questa è la condizione di più difficile riscontro, ma è fondamentale data la frammentazione amministrativa del territorio e la limitatezza delle risorse economiche.

5.5. LA SCELTA DEL TRAM-TRENO PER LA CITTÀ DIFFUSA

Finora si è discussa la *dinamica di realizzazione* di un sistema promiscuo nella realtà delle aree ad urbanizzazione diffusa in Europa, ma lo sforzo tecnico, economico e politico necessario alla messa in opera del servizio deve essere giustificato dalla sua *capacità di intervento sui gravi problemi* di cui si è precedentemente trattato.

In primo luogo un servizio di tram-treno deve offrire, paragonato a soluzioni alternative, una *risposta valida alla crisi della mobilità suburbana*; la competitività di un servizio di trasporto pubblico si misura attraverso il suo *grado di attrattività* presso i clienti *paragonato con entità e struttura dei costi*; nel contesto di ripartizione modale odierno l'attrattività si traduce in capacità di sottrarre quote di utenza al trasporto individuale, senza cannibalizzare altri modi di trasporto collettivo.

La presenza di una linea di trasporto di tipo tram-treno deve in secondo luogo contribuire alla *ricostruzione del tessuto urbano oggi pesantemente frammentato*, sia operando in termini di *connessione funzionale*, sia dimostrando capacità di *integrarsi nel contesto urbanistico* favorendo, attraverso la sua presenza, la spontanea costruzione di una nuova identità.

¹⁹ Il confronto con la normativa che regola la viabilità in sede promiscua, ovvero col codice della strada, è invece più semplice in quanto limitato al rispetto di poche prescrizioni: esistono requisiti funzionali e dimensionali riguardanti la sagoma dei retrovisori o la natura del vetro frontale.

5.6. LA FUNZIONE NEL SISTEMA MOBILITÀ

Un servizio pubblico basato sulla circolazione promiscua e capace di connettere una regione attraversando il tessuto urbano dimostra, se frutto di una buona progettazione, di possedere doti peculiari di:

EFFICACIA. Si tratta di un servizio che costituisce una linea di forza a carattere regionale, ovvero nasce per effettuare collegamenti tra più realtà urbane e suburbane, anche di dimensioni molto differenti, andando ad intercettare una linea di spostamento predominante nella dinamica territoriale.

L'impianto del servizio è subordinato alla presenza di direttrici di traffico ferroviario che, solitamente, hanno guidato in fase embrionale l'insediamento sul territorio; questo fa sì che la ferrovia spesso coincida in buona misura con le linee principali di spostamento, anche nel caso in cui queste nella realtà utilizzino altri modi di trasporto.

In ogni caso la creazione delle reti ferroviarie regionali, soprattutto in Europa, ha seguito solitamente degli schemi a maglia, effettuando connessioni tra tutti i nodi urbani principali di un territorio: ciò rende frequente la presenza di sedi protette per il collegamento dei diversi centri.

L'esercizio di materiale tranviario permette di collegare gli assi ferroviari interurbani a reti tranviarie già presenti o da realizzare all'interno del tessuto cittadino: ciò unisce l'esigenza di collegare diversi centri anche distanti con la necessità di garantire accessibilità al massimo numero possibile di origini e di destinazioni, tipicamente concentrate proprio all'interno del tessuto abitato.

Accelerazione del mezzo e semplicità della struttura delle banchine permettono di realizzare fermate frequenti e localizzate nel tessuto abitato, aumentando le dimensioni del bacino di utenza, migliorando l'accessibilità al servizio ed aggiungendo alla domanda di spostamenti interurbani una quota residua di piccoli trasferimenti, limitati all'interno di una sola realtà territoriale.

In sintesi, il tram-treno mantiene tutta la flessibilità e la natura cittadina di una linea tranviaria, aggiungendo la capacità di soddisfare le esigenze di spostamento interurbano senza necessità di troppi trasferimenti modali: questo lo rende un modo di trasporto capace di soddisfare una grande varietà di itinerari di spostamento effettuando un servizio *door to door*, in diretta competizione col trasporto individuale.

Data la natura dispersa del territorio suburbano il tram-treno, in quanto linea di forza, assume maggiore funzionalità in presenza di adeguati nodi di interscambio con linee automobilistiche di distribuzione o con modi di trasporto individuali.

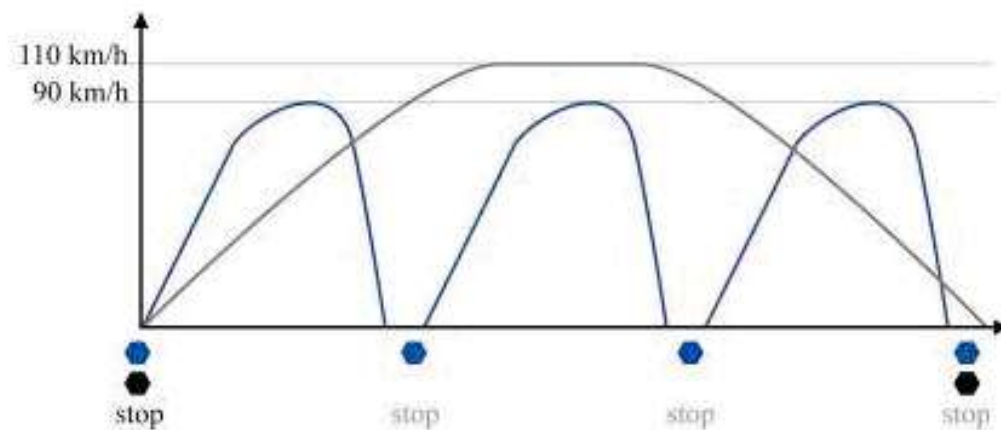
VELOCITÀ COMMERCIALE. Come in ogni servizio di trasporto pubblico, la velocità commerciale non dipende solamente dalle prestazioni erogate dal veicolo, ma soprattutto dalla natura della sede e dal suo



grado di indipendenza da altri flussi di traffico. I veicoli tranviari offrono comunque un vantaggio rispetto sia ai rotabili ferroviari che ai mezzi su gomma in termini di prestazioni, in quanto sono capaci di accelerazioni fino a 1,3 m/s²; questo fattore unito alla buona accessibilità sul mezzo, garantita dall'ormai diffuso pianale ribassato, permette di ridurre al minimo i tempi di fermata e soprattutto l'influenza del numero di fermate sulla velocità commerciale (*Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.* - a).

La velocità di percorrenza della sede dipende, come già accennato, dal suo grado di separazione da altri tipi di traffico, in particolare da quello automobilistico; in sede ferroviaria segnalamento e totale separazione dei binari permettono, anche con alti valori di occupazione della linea, di mantenere velocità elevate in sicurezza. La circolazione a vista nei segmenti tranviari può invece mantenere buoni valori di velocità e regolarità solo nel caso in cui avvenga in sede riservata o protetta e con preferenziamento semaforico agli incroci. Una buona progettazione della linea, senza eccessivi compromessi, permette il raggiungimento di velocità commerciali di 25-35 km/h, paragonabili a quelle di una linea metropolitana pesante e fortemente competitive anche nei confronti del mezzo privato; questo valore è fondamentale ed è una delle principali leve competitive del servizio.

a) percorso = 6 mins - 6 km



b) potenza assorbita = 20 kWh

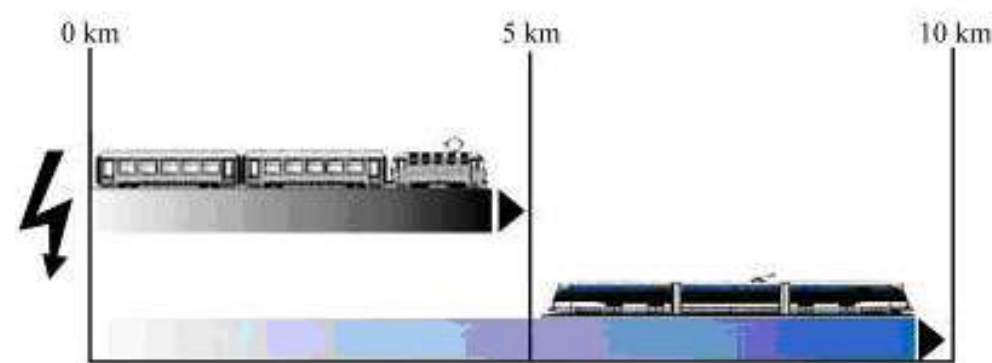


Fig. 6. Confronto di efficienza tra tram e treno regionale sulla base di parametri costanti.

FREQUENZA. La frequenza delle corse rappresenta un dato influenzato in buona misura dalla disponibilità economica, di personale e di rotabili presso l'ente gestore del servizio. La ricerca di frequenze elevate è volta all'ottenimento di un comportamento dell'utenza di tipo adattivo, il quale garantisce a parità di condizioni di servizio un bacino di utenza molto più elevato. In realtà di tipo suburbano, con percorsi che possono arrivare ad 80 chilometri di lunghezza, un valore di trenta minuti può in realtà già essere considerato elevato.

In servizi di trasporto di tipo tram-treno il raggiungimento di buoni valori di frequenza risulta economicamente più sostenibile sia rispetto alle autolinee che a servizi di tipo metropolitano: la frequenza è funzione del numero di vettori circolanti e della velocità del servizio. Grazie a costi di acquisto del materiale rotabile non molto alti, ai bassi consumi ed alla presenza di un solo manovratore per veicolo, far circolare un numero anche elevato di rotabili sulla linea, ottenendo buone frequenze di servizio, è economicamente possibile anche in realtà di medie dimensioni.

Allo stesso tempo il buon valore di velocità commerciale raggiungibile influisce positivamente sulla frequenza sia in maniera diretta che aumentando l'attrattività del servizio, quindi migliorando, grazie al maggior numero di passeggeri, la sostenibilità economica della linea. Una frequenza elevata è una condizione essenziale per rendere il trasporto pubblico una reale alternativa a quello privato anche nelle sempre differenti dinamiche di spostamento non pendolare.

CAPACITÀ. La capacità di una linea di tram-treno è simile a quella raggiungibile con una linea tranviaria moderna: un servizio metropolitano o passante ferroviario permettono il raggiungimento di capacità molto più elevate ma a condizione di infrastrutture rilevanti e di costi di esercizio molto più alti.

Il valore è in ogni caso maggiore di quello raggiungibile con un'autolinea e, soprattutto, la curva di variazione dei costi di esercizio in funzione della portata oraria risulta decisamente più favorevole. La capacità della linea può infatti essere descritta come funzione della frequenza, che come è già stato detto può raggiungere valori elevati con costi contenuti, ma soprattutto della capacità di ogni singolo vettore o mezzo.

I veicoli tranviari moderni configurati per un servizio extraurbano offrono fino a 300 posti grazie alla loro struttura modulare ed articolata, che permette dimensioni generose senza limiti di manovrabilità; la possibilità di far circolare veicoli accoppiati in multiplo permette inoltre, in presenza di un adeguato parco rotabili, di raddoppiare la capacità per vettore a parità di costo umano.

CONFORT DI MARCIA. La guida vincolata su binari permette tecnicamente alti valori di confort per i passeggeri, con basse accelerazioni laterali e sollecitazioni verticali quasi nulle. L'ingresso in curva è progressivo ed i sistemi di controllo elettronico di cui sono dotati i veicoli tranviari di ultima generazione contengono il *jerk*, ovvero la variazione istantanea di accelerazione, entro valori molto bassi. Tutto ciò va

però valutato in funzione dello stato di conservazione della sede, soprattutto nei tratti ferroviari: veicoli così leggeri a velocità elevate possono soffrire molto di imperfezioni che con rotabili pesanti risultano impercettibili.

In sede tranviaria promiscua sono invece gli scambi ad essere spesso causa di sollecitazioni sgradevoli in quanto, a differenza dei corrispettivi ferroviari, il transito avviene sul cuore del binario ed il veicolo poggia per breve tempo sul profilo inferiore del bordino.

I veicoli di recente costruzione presentano tutti sistemi di condizionamento dell'aria, buon livello di illuminazione e di isolamento acustico, ampie superfici vetrate e sistemi di videosorveglianza; le lunghe percorrenze legate ad un sistema tram-treno inducono a prestare particolare attenzione nella realizzazione dei sedili ed a valutare l'installazione di accessori inusuali in campo tranviario quali bagagliere, distributori automatici di biglietti e servizi igienici a circuito chiuso.

Accorgimenti relativi al confort sono necessari sia nell'ottica della fidelizzazione di una clientela già utilizzatrice di trasporto pubblico, ma soprattutto al fine di catturare utenza dal trasporto privato: qualità e confort del servizio devono in questo caso vincere esigenze di alto livello e pregiudizi fortemente radicati.

IMPATTO AMBIENTALE. L'impatto di un servizio di trasporto è determinato dai valori di inquinamento ambientale generato: in termini energetici il tram-treno mantiene tutte le proprietà di eccellenza tipiche dei sistemi tranviari, ovvero presenta *basso dispendio energetico* (*Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.* - b) per passeggero trasportato, grazie al moto su rotaia ed al recupero energetico in frenata, e non produce *inquinamento atmosferico in loco* grazie alla trazione elettrica.

In determinati scenari può risultare però necessario il ricorso a veicoli ad alimentazione ibrida, ovvero alimentati nelle sole tratte ferroviarie da generatori diesel interni: tale configurazione può causare problemi non tanto dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico, molto contenuto e forse minore in termini assoluti rispetto a quello generato dalla catena di produzione di energia elettrica, quanto da *quello dell'immagine*²⁰.

L'utilizzo di veicoli ibridi potrebbe inoltre assumere maggiore rilevanza nel futuro: una corretta analisi dell'impatto ambientale del sistema elettrico di azionamento non può prescindere dal processo a monte di generazione dell'energia, dal suo rendimento e dalla considerevole dispersione della catena di distribuzione; in quest'ottica il quinto programma quadro dell'Unione Europea consiglia lo sviluppo di veicoli tranviari, o ferroviari in genere, ibridi, alimentati attraverso generatori di energia elettrica dotati di motori diesel a basso consumo, turbine a gas o celle a combustibile [30]. La generazione di energia a bordo può essere realizzata con sistemi ad alto rendimento, rende non più necessaria la presenza delle

²⁰ Sebbene infatti alcuni paesi del nord Europa, da sempre molto attenti alle tematiche ambientali, si stiano rivolgendo sempre più spesso a sistemi ibridi per i servizi ferroviari, la percezione di un tale veicolo presso il pubblico potrebbe essere negativa. Una possibile strategia nel caso in cui fosse necessario un generatore interno è rappresentata dall'utilizzo di carburanti ritenuti puliti, come metano, biodiesel o, in futuro, idrogeno, capaci di favorire l'accettazione presso il pubblico.

linee aeree e *soprattutto semplifica dal punto di vista tecnico* la marcia promiscua.

Altro fattore sempre più rilevante in termini di impatto è l'inquinamento acustico e vibrazionale causato dal moto dei veicoli sia fuori città che, soprattutto, nel centro abitato; un veicolo tranviario di nuova generazione circolante su armamento in buone condizioni e posato utilizzando le diffuse tecniche fonoassorbenti genera in realtà un rumore ambientale fino a 10 decibel inferiore rispetto a quello associabile ad un comune autobus.

Lo strido del bordino contro il binario in curva ed il saltellamento delle ruote sulla sede sono inoltre eventi imputabili più ad una *cattiva manutenzione* che a caratteristiche intrinseche al sistema ruota/rotaia.

Per quanto riguarda le vibrazioni, particolarmente avvertibili nei tratti di natura tranviaria, il valore limitato di massa non sospesa riduce di molto la forza di propagazione delle onde rispetto ai sistemi ferroviari pesanti; in ogni caso esse rimangono un serio problema se non limitate nella propagazione stessa attraverso i diversi sistemi di disaccoppiamento dei binari dal suolo disponibili in fase di posatura.

QUALITÀ PERCEPITA. La realizzazione di un nuovo servizio di tipo tram-treno contiene un alto potenziale di generazione di *soddisfazione* nel cliente, dovuto innanzitutto alla natura del contesto in cui esso si insedia. Come è già stato detto, infatti, uno dei presupposti di base è la presenza di tronchi ferroviari poco usati o addirittura abbandonati: la bassa remuneratività del servizio ferroviario in esercizio si traduce solitamente nell'utilizzo di materiale rotabile di scarsa qualità ed in un generale stato di abbandono delle strutture.

L'adeguamento delle strutture al nuovo servizio ed il transito di veicoli tranviari di nuova generazione assumono quindi il *significato di forte risanamento* di un'area degradata del territorio; a questo si aggiunge il divario percepito in termini di immagine, comfort e prestazioni tra i vecchi ed i nuovi rotabili.

Per quanto riguarda l'intervento in area urbana, la qualità percepita del servizio sarà tanto maggiore quanto decisa sarà la *separazione del percorso tranviario dal traffico veicolare privato*²¹. La *totale separazione della sede* può essere legata ad *interventi di riqualificazione e pedonalizzazione di intere aree*, in maniera tale che sul servizio ricadano i meriti della maggiore vivibilità e vivacità delle strade cittadine.

La natura intermedia di questa tipologia di trasporto, definibile come *ibrido fra tram e treno*, permette infine di attingere al bonus percettivo che il cliente associa ad un mezzo su rotaia; parallelamente ad associazioni positive, derivanti soprattutto dalla qualità e rapidità riconosciuta al viaggio su ferro, si manifestano però anche resistenze e perplessità storicamente associate al concetto di tram. In Italia e nel resto d'Europa l'immagine della tranvia risulta infatti affetta da associazioni negative nate nel contesto ostile del secondo dopoguerra.

²¹ il transito di veicoli di nuova generazione, lunghi 30 o 40 metri, in sede promiscua può infatti generare grandi problemi viabilistici, influenzando negativamente sia le prestazioni effettive del servizio che la sua immagine;



Risulta quindi fondamentale *strutturare una politica di immagine* che indirizzi le scelte di progetto al fine di veicolare adeguatamente il contenuto innovativo e la competitività del servizio; naturalmente l'efficacia di tutti questi strumenti nella creazione di un'immagine di alto profilo dipende strettamente dalla capacità di gestire le diverse azioni con coerenza, non dimenticando che alla base di qualsiasi operazione di comunicazione rimane la *qualità effettiva del servizio erogato*.

Immagine, identità e valori accessori di un servizio di trasporto devono infatti innestarsi su uno scenario caratterizzato da *standard effettivi di buon livello*, pena il fallimento.

5.7. CONTRIBUTO SEMANTICO

Dopo aver analizzato le doti che caratterizzano il tram-treno come una *modalità di trasporto pubblico* capace di generare *un'offerta di mobilità fortemente competitiva* anche col trasporto privato e *profondamente coerente* con lo scenario di città diffusa, è necessario analizzare le dinamiche relative al suo *inserimento sul territorio*.

Un intervento di carattere progettuale in un contesto critico quale quello della città diffusa non può infatti non assumere un *valore che va oltre la natura di servizio di trasporto pubblico*: la modificazione dell'assetto territoriale e paesaggistico dell'area suburbana legata all'inserimento di un sistema tram-treno è tale da essere *non solo un fatto funzionale, ma anche urbanistico, architettonico ed estetico*. Trascurare il valore semantico che la presenza della rete in un *tessuto incoerente* può assumere significherebbe ignorare il contesto e *segnare in maniera negativa* il territorio: tale approccio potrebbe infine generare indirettamente un processo di rigetto da parte della comunità, andando a porre in seria discussione il successo e quindi la stessa sopravvivenza del servizio. Una nuova rete tranviaria operante in condivisione di binario rappresenta invece un'importante *possibilità di intervento* in quanto capace, attraverso la natura della sua *presenza fisica, funzionale e morfogenica*, di riconnettere la struttura del territorio, la sua identità sepolta, il suo *genius loci* con i significati e gli usi quotidiani degli effettivi utilizzatori, ovvero i residenti.

L'analisi del contenuto semantico dell'intervento è declinabile in tre elementi legati da profonde relazioni:

- *il paesaggio*, ovvero la dimensione statica del cambiamento provocato sul tessuto suburbano, quasi emanazione della presenza dei binari sul terreno;
- *il segno*, cioè il contenuto estetico del transito nel paesaggio del veicolo tranviario, storicamente simbolo della cultura di una *civitas* e qui chiamato a racchiuderne una nuova identità;
- *il percorso*, ovvero la nuova percezione dell'ambiente suburbano generata dallo spostamento guidato, scritta attraverso un processo di scoperta e riscoperta di segni altrimenti ignorati.

IL PAESAGGIO. La presenza di un'infrastruttura di carattere ferrotranviario in un tessuto abitato suburbano non è neutra: nel semplice *ordine morfologico* costituito da strada, spazio privato e *non-spazio*, cioè spazio della natura o più spesso spazio da costruire, i binari sono una presenza forte. Le vie di corsa separate, quelle di carattere maggiormente ferroviario, si pongono come *semplici cesure nel territorio*, accanto alle sopraelevate ed agli svincoli, distinguibili solitamente solo per la presenza di segnaletica ed alimentazione aerea; la presenza di binari tranviari all'interno del tessuto abitato possiede invece *forte valore e carattere semantico* [16].

La città diffusa, o meglio nel caso italiano diramata, è, come dice Perek, *un mucchio di pezzetti di spazio*²², disordinati in una geometria frattale poco densa a grana molto fine e cuciti insieme da un tessuto di strade privo di gerarchie esplicite. In tale panorama i binari solcano, materialmente e figurativamente, il terreno tracciando una linea, segnando una direzione e quindi generando una prospettiva; l'operazione non è banale né indolore, ma possiede innegabilmente alto valore estetico. Come afferma Tosoni [31], *“mentre ambiente e territorio individuano un mondo che ci circonda a 360 gradi, [...] nel caso del paesaggio ci troviamo di fronte a qualcosa che collega interno ed esterno, definisce un punto di vista, costruisce corrispondenze, si apre verso orizzonti che non delimitano, anzi, suggeriscono un altrove. Il paesaggio presuppone un uomo che guarda”*.

Il valore di un *segno semanticamente forte* come due binari paralleli in un ambiente difficilmente misurabile e conoscibile è quindi proprio nel fornire una direzione per lo sguardo, nel *tracciare una via preferenziale di attraversamento*, nel disporre la pur grande quantità di segni e simboli, di cui la città è anche in questo caso ricca, in un ordine temporale e spaziale, strutturandoli in un *seppur banale discorso*. La presenza di un *tratto geometrico* pone le basi per l'orientamento, crea un segnale che, pur rimandando ad un concetto di movimento, è fisso sul territorio, netto e sicuro [16]: *i binari guidano lo sguardo verso la costruzione di un paesaggio*.

Una linea tranviaria porta però con sé molto più che la semplice posa di binari, essa rappresenta, soprattutto nelle più recenti realizzazioni, l'occasione per la creazione di un *corridoio ad alto valore ambientale*; con l'obiettivo di creare una sede riservata per garantire la regolarità di marcia, il tracciato tranviario viene spesso pedonalizzato e fisicamente separato dal traffico veicolare. Tali interventi, caratterizzati da ridisegno e rifacimento integrale della sede stradale, applicazione di pavimentazioni pregiate, sostituzione dell'arredo urbano e della segnaletica, hanno spesso dato prova di essere capaci di creare anche in un contesto suburbano uno spazio molto vivibile.

Ciò che originariamente era un *asse viario invalicabile*, formato da esigui marciapiedi e file di auto in sosta a circondare un *transito veloce e continuo*, diviene uno spazio ben disegnato, aperto, in cui il moto del sistema di trasporto è poco frequente, silenzioso e *delimitato in aree esatte*, in cui lo spazio è

²²Georges Perek, *Espèces d'espaces*, Galilée, Paris, 1974.



totalmente fruibile ed attraversabile senza particolari rischi.

L'opposizione a tali interventi, caratterizzata dall'*accusa di perdita di accessibilità e di vivacità dell'area causa la non praticabilità automobilistica*, perde credibilità di fronte agli effettivi risultati raggiunti a Zurigo, Strasburgo o Grasz e denota un *pregiudizio* automobilistico duro a morire²³.

Tale dinamica trasportata nella città diffusa si scontra con una *endemica condizione di totale separazione di ogni tipo di architettura dalla strada*: di fronte a ciò l'unica possibilità è porre le condizioni di una diversa fruizione del dissolto spazio pubblico, stimolando nuovi comportamenti e, forse, nuove architetture. Se la riqualificazione ambientale può essere letta come *emanazione della presenza dei binari sul piano del suolo pubblico*, la sua componente ortogonale è invece rappresentata dalla necessaria segnaletica e, soprattutto, dalla *tessitura di alimentazione aerea*.

Quest'ultima componente sta assumendo negli ultimi anni, in concomitanza con il fenomeno chiamato *ritorno del tram*, sempre maggior rilievo nel dibattito architettonico e tecnico: se da un lato l'alimentazione elettrica è un fattore primario nel classificare il tram come mezzo a basso impatto ambientale, dall'altro essa comporta, nella forma della tipica linea aerea, la presenza di strutture visivamente e funzionalmente invasive.

La critica mossa alla presenza della catenaria nel tessuto abitato ne sottolinea l'*inquinamento visivo* prodotto soprattutto in contesti storici, la sua natura di *ostacolo verticale* ad eventuali operazioni di pubblica sicurezza e l'*inquinamento elettromagnetico* generato. Mentre gli ultimi due argomenti richiederebbero un lungo confronto con dati statistici, normative vigenti ed esperienza, il dibattito relativo all'impatto visivo appare *vivace e fecondo*.

Come già osservato, proprio negli ultimi anni l'industria ferroviaria ha proposto diverse tipologie di *sistemi alternativi alla captazione aerea*²⁴, tutte però caratterizzate da *costi almeno quintuplicati* e da una notevole complicazione dell'intero apparato. Risulta quindi necessario chiedersi in che misura tale sforzo sia giustificato dall'entità del presunto impatto negativo dei cavi della linea aerea sul paesaggio, soprattutto in contesti di città diffusa: le attuali tecniche di installazione, che prevedono una limitata presenza di tiranti e la frequente integrazione delle strutture di supporto con il sistema di illuminazione pubblica rendono possibile un intervento poco invasivo e di buon valore estetico.

Anche in contesti di *alto valore storico* va sottolineato come un giudizio di incompatibilità nei confronti della rete aerea dovrebbe analogamente colpire tutta quella serie di *oggetti tipologicamente più moderni*, come lampioni, cartelli stradali e lo stesso manto stradale in asfalto.

In sintesi la struttura tradizionale, forte di più di cento anni di storia, rappresentata dalla sola presenza di

²³ anche gli interventi su via Dante e, più recentemente, corso Sempione a Milano offrono esempi vicini di come la chiusura al traffico veicolare non comprometta, anzi amplifichi fortemente, la vivibilità e la vivacità commerciale di un'area.

²⁴La lista delle soluzioni possibili comprende binari alimentati a terra come Innorail o Stream, sistemi a ricarica rapida induttiva o alimentazioni ibride più efficienti basate su generatori Diesel, a metano o combustibili alternativi.

binari a gola sul suolo e di un singolo cavo sospeso, si presenta ancora *tecnicamente valida* ed allo stesso tempo *morfologicamente pura*.

Terzo elemento a comparire sul territorio assieme ad una nuova linea *tram-treno* sono le fermate: oggetto banale eppure essenziale al funzionamento di un servizio di trasporto pubblico, le fermate costituiscono in realtà un modo semplice per l'identificazione di luoghi. Attribuire ad un singolo punto sul territorio, caratterizzato da un *nome* e da *particolari architetture ed arredi di fermata*, la funzione di origine e destinazione nella dimensione quotidiana dei cittadini può verosimilmente innestare *processi di riconoscimento e caratterizzazione* tali da farne progressivamente un vero e proprio *luogo*, nell'accezione sociologica del termine.

Tale processo può essere favorito ed aiutato dall'attenzione posta nella *progettazione architettonica del contesto*: la creazione di strutture *totemiche* costanti, ma legate in qualche loro elemento alla specificità del panorama circostante, oppure lo studio, come nel caso di Hannover o di Napoli, di *architetture di alto valore* ed *ogni volta differenti* sono due delle strade possibili. Ancora più interessante appare nello specifico il *recupero ed il riuso delle vecchie strutture ferroviarie* che, in un contesto giovane, assumono lo status di *elementi storici*. Lo scopo di tali operazioni, in accordo con tutte le altre leve disponibili, rimane quello di *riattivare attraverso la caratterizzazione e la semantizzazione il processo di identificazione tra individuo e spazio*, quindi progressivamente tra *civitas* e *urbs*, tipico della città Europea e smarrito nella scala enorme della cintura suburbana.

Tutti questi elementi, racchiusi in un *unico fatto progettuale*, assumono valore nella città diffusa quanto più la loro *azione morfogenica* riveste carattere culturale: in un territorio, come quello europeo, in cui è ovunque alta la sedimentazione di storia, ogni trasformazione *“può divenire occasione per riscoprire e leggere segni antichi, per indicare ad un nuovo uso elementi già collaudati per secoli dalla storia e coperti o nascosti per incuria, per incomprendimento”*.

IL SEGNO. Tutti gli elementi statici coinvolti nel ridisegno del paesaggio ad opera di una nuova linea ferrotranviaria *sono oggetti incompleti*, essi rimangono cioè come *sospesi in attesa di un fatto*, il transito del veicolo, *che ne giustifichi l'esistenza*; tale condizione riguarda anche il suolo della via di corsa e quindi, quasi per osmosi, tutto quell'insieme di segni nell'ambiente derivanti dalla presenza del tram. Si può quasi affermare, quindi, che tutto il paesaggio, inteso come *prospettiva modificata nella sua dimensione statica* dall'arrivo del nuovo sistema, *assuma significato nella presenza della componente dinamica*: in altre parole, il passaggio del tram *dà il senso* degli elementi presenti sul territorio.

Il veicolo tranviario risulta quindi *elemento necessario*, la sua presenza nel paesaggio si avverte anche quando non reale: la componente estetica del mezzo, ovvero la sua *capacità di comunicare*, rappresenta



l'elemento più importante dell'intero intervento progettuale ed assume quindi *importanza radicale agli occhi della comunità*.

Tale affermazione trova semplice riscontro nel fatto che *ogni città del mondo*, oggi come in passato, *desidera un proprio tram*, si tratta di una realtà incontestabile, spesso non avvertibile nei risultati, influenzati dalla *disponibilità di risorse*, ma sempre *evidente nelle intenzioni*²⁵.

Se per gran parte del secolo scorso la specificità delle vetture tranviarie poteva essere giustificata dalle *differenti caratteristiche delle varie reti* o da un processo di *fabbricazione praticamente artigianale*, oggi essa non può dipendere che da un'esplicita *volontà della comunità urbana*. Anche oggi infatti, con solo cinque produttori principali attivi sul mercato mondiale e logiche di *serialità industriale*, ogni città continua a chiedere il proprio tram: non si tratta solamente di varianti di colore, configurazione interna o dotazione, come avviene ad esempio per gli autobus, ma di una *vera e propria personalizzazione*.

L'amministrazione di Mulhouse, una cittadina vicino Strasburgo impegnata in un progetto di nuova linea tram-treno, ha ad esempio interpellato i suoi cittadini in merito a forma, livrea ed interni dei nuovi veicoli, ricevendo più di 16000 risposte. Nei limiti di quanto permesso dal sistema delle piattaforme di prodotto, ogni gestore chiede *veicoli unici*, ancor più nel caso in cui essi siano i primi ad attraversare le vie cittadine; nulla di simile accade per autobus e filobus, mentre ancora diversa è la situazione riguardo a treni e sistemi innovativi. Trovare la *radice del fascino* che i veicoli su rotaia da sempre esercitano sugli osservatori sarebbe molto complesso [67]: forse la loro natura di macchine pure, figlie del mito ottocentesco, forse i loro cinematismi misteriosi, la precisione e la potenza incarnati dalla corsa sui binari oppure il mito e la poesia in cui la letteratura li ha immersi attraverso i secoli [32]. In ogni caso da sempre questi mezzi *godono di uno status particolare*: nutrono schiere di appassionati, assumono valore di monumento storico, vengono percettivamente posti al di sopra degli altri mezzi collettivi.

Queste considerazioni valgono per i treni e, seppur in modo diverso, anche per i tram, che ne rappresentano la *dimensione domestica*: basti pensare che anche nelle attuali vortuose dinamiche di mercato il tram gode di tempi di obsolescenza lunghissimi, come dimostra la piena operatività delle mitiche vetture *Carrelli* a Milano. La dimensione strettamente cittadina del tram ne fa un *oggetto domestico*, protagonista di un rapporto intimo, *di carattere estetico ed affettivo*, con la città ed i suoi abitanti: il tram si lega all'immagine della *civitas*, è patrimonio storico e come tale gode di uno status privilegiato.

La linea di *Market Street* a San Francisco, con la sua flotta di veicoli storici provenienti da tutto il mondo, è un *tributo alle diverse anime cittadine* che nel tram hanno espresso la loro identità, quasi fosse un

²⁵Si sono verificati recentemente casi di acquisto di veicoli in cordata da parte di due diverse città o dell'acquisto da parte di un gestore di rete di veicoli già progettati per un'altra commessa: tali eventi riflettono il forte aumento dei costi del materiale rotabile registrato negli ultimi anni, riguardano in ogni caso gestori di grandi reti già affermate e vanno letti nell'ottica della particolare congiuntura del mercato.

nuovo *tema collettivo*²⁶; a riprova di una tale concezione è utile ricordare come negli Stati Uniti, oggi segnati da una vivace fioritura di nuovi sistemi LRT, una delle accuse più frequentemente rivolte alle amministrazioni sia quella di *desiderare un proprio tram per semplice e puro orgoglio*.

Il veicolo tranviario per un servizio di tram-treno *si pone però in maniera ancora diversa*: da un lato esso possiede tutto il *carattere domestico ed intimo di un tram*, mentre attraversa le vie del centro abitato, dall'altro il suo profilo scorre *veloce e lontano nel paesaggio* correndo sui binari della linea ferroviaria.

Questa doppia natura, la *duplice radice semantica* di un mezzo appartenente a due mondi percettivamente diversi, ne rende critica la definizione tipologica ma, allo stesso tempo, ne sottolinea la potenziale incisività. Il mezzo in transito sul territorio rappresenta un *segno dinamico*, appare come un gesto di connessione, è chiamato a *stringere le relazioni di una regione* e, quindi, a *racchiudere un'identità*: esso non è tram come la città diffusa non è città, ma allo stesso tempo non è treno in quanto domestico, ovvero legato ad un paesaggio regionale che utenti e semplici osservatori riconoscono come proprio.

La matrice storica di riferimento corretta sembra quindi essere, in Europa e soprattutto in Italia, quella dei treni delle *ferrovie concesse* o delle *tranvie extraurbane*, vetture cioè a carattere non urbano ma allo stesso tempo legate ad un sistema a carattere locale: nel panorama suburbano *tram cittadini sarebbero corpi estranei* così come i treni regionali con la livrea della rete nazionale.

Un *intenso e profondo rapporto* tra sistema tranviario e territorio può instaurarsi: la chiave del reciproco riconoscimento è nella *duttilità formale del progetto del veicolo*, metro della sua capacità di accogliere le *istanze estetiche e culturali di una popolazione*. Un sistema di trasporto può essere simbolo, ovvero fattore di unione, della rete di relazioni, della natura dinamica della città diffusa, del suo *difficile linguaggio*: l'identità culturale vive infatti nel riconoscere un segno come parte della propria storia.

IL PERCORSO. Quando nel 1931 Harry Beck presenta il suo progetto grafico per la rappresentazione della *rete metropolitana londinese*, la struttura della rete di trasporti *perde per la prima volta legame morfologico con la città reale*; tale storica operazione non fa che rendere palese la profonda cesura che moto sotterraneo e distanze crescenti hanno prodotto tra spostamento ed attraversamento. Nella nuova geografia urbana del cosiddetto *city user* il territorio è composto di tanti *isole di spazio note*, legate, anche senza corrispondenza con la reciproca posizione reale, da *frammenti istantanei di spostamento fuori dal*

²⁶Il termine fa riferimento alla concezione di tema collettivo come prova di esistenza della civitas esposta da Marco Romano; a questo riguardo sempre Romano evidenzia come il tema collettivo sia propriamente tale soprattutto nel caso in cui non derivi da esigenze funzionali. L'origine dell'esigenza di un sistema tranviario è, almeno nella gran parte dei casi, sicuramente funzionale, ma il carattere delle decisioni e dei comportamenti legati alla sua realizzazione risulta spesso irrazionale o, più propriamente, legato a fattori più estetici e culturali che non utilitaristici.



tempo.

Il territorio suburbano, fatto di disorientanti regioni troppo ampie per essere conosciute, diviene analogamente un *personale collage di luoghi noti* uniti da sentieri, materiali o soltanto logici, attraverso l'ignoto. Un panorama muto o, più propriamente, *difficile da interpretare* appare inoltre distorto agli occhi del conducente nella propria auto, concentrato sulle operazioni di guida, e del sempre più raro passeggero: posizione d'osservazione, limitazioni visive, isolamento acustico, termico e luminoso tendono ad *annullare qualsiasi cosa si ponga al di fuori della carreggiata* ed a farne *parete di un tunnel percettivo*, almeno fin quando un'insegna o un cartello non la identifichino come luogo conosciuto²⁷.

Un veicolo a guida vincolata propone invece una *condizione di moto compatibile con l'osservazione* in quanto stabile e progressiva, esercitando una dolce ma ferma guida allo sguardo; l'azione di progetto nel difficile contesto suburbano non può che *valutare e sfruttare questa potenzialità*.

Il tracciato viene disegnato entro vincoli tecnici, parametri urbanistici e trasportistici, ma nella *dinamica quotidiana di esperienza sensibile* di tanti passeggeri esso costituirà un processo di conoscenza, ponendo in *significativa sequenza* immagini, segni e luoghi della loro stessa realtà. La vettura si muoverà come un *carrello da presa*, in significativa analogia morfologica, tracciando una storia attraverso la moltitudine di angolazioni, evidenziando scorci e riscoprendo segni dimenticati, rivitalizzando le vecchie stazioni e generando prospettive inattese.

Si tratta ancora di *distorsione*, di *percezione guidata* da un moto esatto e sempre costante, ma capace di rappresentare seppure frammentata una realtà altrimenti ignorata nella sua interezza. In quest'ottica assume *fondamentale importanza* ogni decisione a riguardo, la scelta di un determinato andamento del tracciato come la geometria degli spazi nel veicolo; un'adeguata progettazione dell'esperienza percettiva può rendere il viaggio nuovamente *esperienza cognitiva*, intensa e piacevole. Alcuni orientamenti progettuali odierni tendono ad assimilare i vettori di trasporto a gusci protetti ed isolati²⁸, trasferendo spostamento in superficie e sotterraneo in *un'unica dimensione di carattere surreale*, *dis-traendo* la percezione spaziale e temporale, rendendo il viaggio un *istante impossibile da ricordare*, quasi fosse un dolore da anestetizzare.

Rendere *estetico*, invece, il moto, ovvero *fare dello spostamento quotidiano esperienza sensibile* di attraversamento di una realtà sempre nuova induce all'intimità tra osservatore e paesaggio, ad un rapporto quotidiano: riscoperto nella *diversa dimensione del viaggio* possibile nel mezzo collettivo, il percorso si fa *elemento di unione tra uomo e territorio*. In termini strategici tale dinamica assume, oltre al

²⁷ Altre dinamiche di percezione sono poco probabili: il transito pedonale è sempre più difficile e spiacevole, quello ciclistico relegato ai corridoi verdi delle vie riservate mentre in autobus la ricerca dell'equilibrio spesso è l'azione dominante;

²⁸Le vetture milanesi tipo Peter Witt progettate dall'Ing. Cuccoli nel 1928 offrono ancora la maggiore percentuale di parete vetrata sul totale, mentre i nuovi convogli a pianale ribassato presentano estese tamponature; nonostante finestrature di grandi dimensioni, infatti, lo spostamento delle apparecchiature sul tetto rende necessario un sensibile irrobustimento della struttura tramite elementi verticali di grande sezione. Alla diversa configurazione del telaio si accompagnano però scelte progettuali relative alla natura dei materiali tali da rendere le nuove vetture molto più chiuse e buie rispetto alle vecchie.

valore sociologico, anche il ruolo di forte *leva competitiva esclusiva* del trasporto collettivo, che assume un ruolo nella quotidianità della città diffusa.

L'insieme dei *vantaggi funzionali*, relativi alla *competitività* del servizio di trasporto nel contesto di ripartizione modale analizzato, e del valore che l'inserimento del sistema può acquisire nel paesaggio suburbano fanno del *tram-treno* una prospettiva importante per molte realtà regionali europee; le condizioni da realizzare per rendere semplice la sua implementazione sono:

1. la creazione di un *contesto normativo* adeguato alla presenza del nuovo modo di trasporto, integrato su tutto il territorio dell'Unione Europea;
2. l'elaborazione di *modelli di simulazione* specifici per la corretta progettazione delle linee nei diversi scenari a bassa densità;
3. lo studio di *strumenti architettonici ed urbanistici* in grado di guidare correttamente le diverse realizzazioni nelle loro molteplici implicazioni sul contesto suburbano;
4. la presenza sul mercato di *materiale rotabile* capace di adempiere ai diversi requisiti di un sistema *tram-treno*, di carattere cioè *tecnico*, relativi all'interoperabilità, *normativo*, ovvero riguardanti le diverse prescrizioni dimensionali e strutturali, *funzionale* e *formale*.

Ai fini del *confronto con la disciplina del disegno industriale* l'ultimo parametro, ovvero la qualità dell'offerta di materiale rotabile, risulta l'unico analizzabile in termini di prodotto; le altre componenti del sistema necessitano di *strumenti teorici* che rendano ottimale l'elaborazione di soluzioni che rimangono però *ad-hoc* per ogni singolo scenario.

La possibilità di applicare alla rete materiale rotabile adeguato sotto ogni aspetto ed economicamente sostenibile implica invece il confronto con un sistema industriale e con logiche di produzione che tendono a divenire seriali.



6. REGIORAIL: SOLUZIONI FERROVIARIE INNOVATIVE PER PER TERRITORI ATTRAENTI

La proposta di tram, tram-treno o ferrovie leggere sono adattate alle zone urbane, ma possono spesso risultare troppo arditi per le aree urbane minori o le zone rurali risultando sovradimensionate rispetto al contesto. In questo paragrafo alcuni esempi di reti o linee ferroviarie il cui successo è dimostrato e il cui concetto non è diverso dal classico tram urbano o il tram-treno. Esse ci mostrano che è possibile per le regioni interessate, al fine di raggiungere un livello di qualità dei trasporti pubblici identici a quelle di TCSP urbano senza realizzare linee "perdenti".

All'apertura della stagione del rilancio del tram e della metropolitana leggera, circa 20 anni fa, i servizi ferroviari regionali sono stati lasciati al margine: con una condizione pressoché uniforme su tutto il territorio europeo si sono trovati in uno stato veramente deplorabile in quasi tutti gli aspetti! Infrastrutture fatiscenti, attrezzature obsolete, rami secchi da chiudere uno dopo l'altro.

Il passaggio dai tradizionali servizi di trasporto ferroviario regionale a sistemi promiscui di tipo innovativo come il tram-treno, come la linea vicinale tra Karlsruhe e Bretten, ha rappresentato chiaramente un significativo salto di qualità.

La prima generazione di veicoli di tram-treno ha avuto l'onore e l'onere di fare da prototipo aprendo discussioni – talvolta anche accese – tra le parti, le Amministrazioni locali, gli organi di governo nazionale e comunitario e gli esercenti delle reti ferroviarie. Tanto le discussioni sull'interoperabilità tra reti urbane e regionali – persino su linee internazionali, come nel caso delle euroregioni di frontiera – quanto la risoluzione del nodo della piena accessibilità ha portato il mercato a soluzioni estremamente performanti. Oggi, ciascuno dei due mondi, quello della metropolitana leggera e del treno, ha imparato la lezione! Il pianale di accesso completamente ribassato è ora fattibile ed è diventata la regola per il tram-treno, come dimostra l'esempio della ferrovia vallée de See (Seetalbahn). La rete di Zwickau o Camden-Trenton illustrano la possibilità di dotare l'attuale materiale rotabile di tipo ferroviario con gli impianti sicurezza opportuni a consentire l'ingresso sulla viabilità urbana. L'esempio di Camden-Trenton, negli Stati Uniti d'America va ancora oltre, poiché dimostra che il materiale rotabile ferroviario è ora in grado di muoversi su binari con un raggio minimo indispensabile per un treno (40 m).

Il confine tra il treno, il tram-treno e il tram sta diventando sempre più labile. La maggior parte dei nuovi veicoli presenti sul mercato per le reti ferroviarie regionali sono molto più competitivi e flessibili dei veicoli commerciali leggeri commercializzati a partire dagli anni Ottanta per il servizio urbano. L'attuazione di un tram-treno su una linea come quella di Bretten probabilmente avrebbe lo stesso significato di oggi, e potrebbe essere considerata come un piccolo passo in avanti di fronte a concorrenti quali veicoli moderni tipo Lint, GTW REGIOSHUTTLE o, solo per citarne una parte del catalogo prodotti offerti dal settore ferroviario. Sulle medie distanze (raggio regionale), la maggior parte dei veicoli diesel o elettrico

ferroviario offre maggiore comfort dei veicoli di metropolitana leggera, la cui larghezza è limitata a 2,65 m (almeno in Germania), dalla normativa in vigore (BO Strabe-) e spesso non permette l'inserimento di servizi igienici o abbastanza spazio per biciclette, carrozzine o bagagli. Da qui, l'estremo interesse a livello locale o regionale, per le linee a lunga distanza.

Il discorso è però invertibile: si può decidere per una riduzione delle dimensioni dei veicoli ferroviari regionali riducendone la larghezza a dimensioni tranviarie, come mostrato di nuovo dopo l'esempio della ferrovia elvetica del Seetalbahn. I veicoli GTW in servizio su questa linea sono la prova che il servizio di trasporto ferroviario regionale non deve necessariamente essere limitato alle rotte da trazione diesel, che si riconoscono in generale (di nuovo) per essere di elevato impatto e dannose per l'ambiente (oltreché antieconomiche a causa del consumo di carburante via via più costoso).

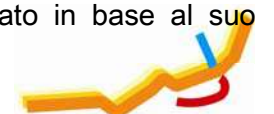
La disponibilità di moderni veicoli elettrici per il servizio ferroviario vicinale è un grande passo avanti rispetto alla situazione di vent'anni fa, quando non esisteva alcun sistema intermedio tra i vecchi treni elettrici e veicoli adatti alle linee suburbane di tipo S-Bahn - troppo grandi, come quelli che sono in uso in molte città tedesche o gli stessi TAF, Minuetto e Vivalto in servizio sulle linee suburbane italiane.

Oggi, la situazione è diversa: veicoli come ET425/426 o membri della famiglia GTW rappresentano una valida alternativa per molte soluzioni intermedie di trasporto a trazione elettrica. E anche se la linea dovesse operare con trazione diesel le novità sono molte: le attrezzature per la trazione ferroviaria termica non è più quella che era venti anni fa, al punto che si può optare per l'utilizzo di gas, prodotto magari da fermentazione di prodotti agricoli offrendo una soluzione in linea con il protocollo di Kyoto. L'elettrificazione delle linee è diventata ormai più un requisito per migliorare il comfort degli utenti.

Venti anni fa il salto di qualità nel trasporto ferroviario, è nato con la sostituzione di servizi con attrezzature vetuste e fatiscenti con una moderna e attraente proposta ferroviaria, il tram o il tram-treno. Gli incrementi dell'utenza derivanti da questa conversione hanno favorito un drastico cambiamento di mentalità che vede il tram, il tram-treno o metropolitana leggera l'unica condizione per il successo del servizio ferroviario.

Questo non è vero! Oggi sta avvenendo una seconda rivoluzione: molti esempi di linee ferroviarie regionali, alcuni dei quali sono descritti in questo capitolo sono un vero e proprio successo. Prendiamo ad esempio i numeri relativi all'utenza raccolta da REGIOBAHN e confrontiamole con quelle del Karlsruhe-Bretten: dov'è la differenza? Si potrebbe obiettare che REGIOBAHN non è certamente un buon confronto e che questa linea serve il traffico residenza / lavoro derivante dalla vicinanza di un grande agglomerato urbano come Düsseldorf. I contesti sono diversi, questo è un fatto, ma molti altri ambiti con un carattere più spiccatamente "rurale" - zone dove il traffico stradale è importante e in cui la concorrenza tra i modi di trasporto è assolutamente sbilanciata a favore della gomma, si sono raggiunti velocemente degli obiettivi che non hanno nulla da invidiare a quelle di un tram-treno periurbano o metropolitana leggera, e con un rapporto costi / benefici piuttosto positivo.

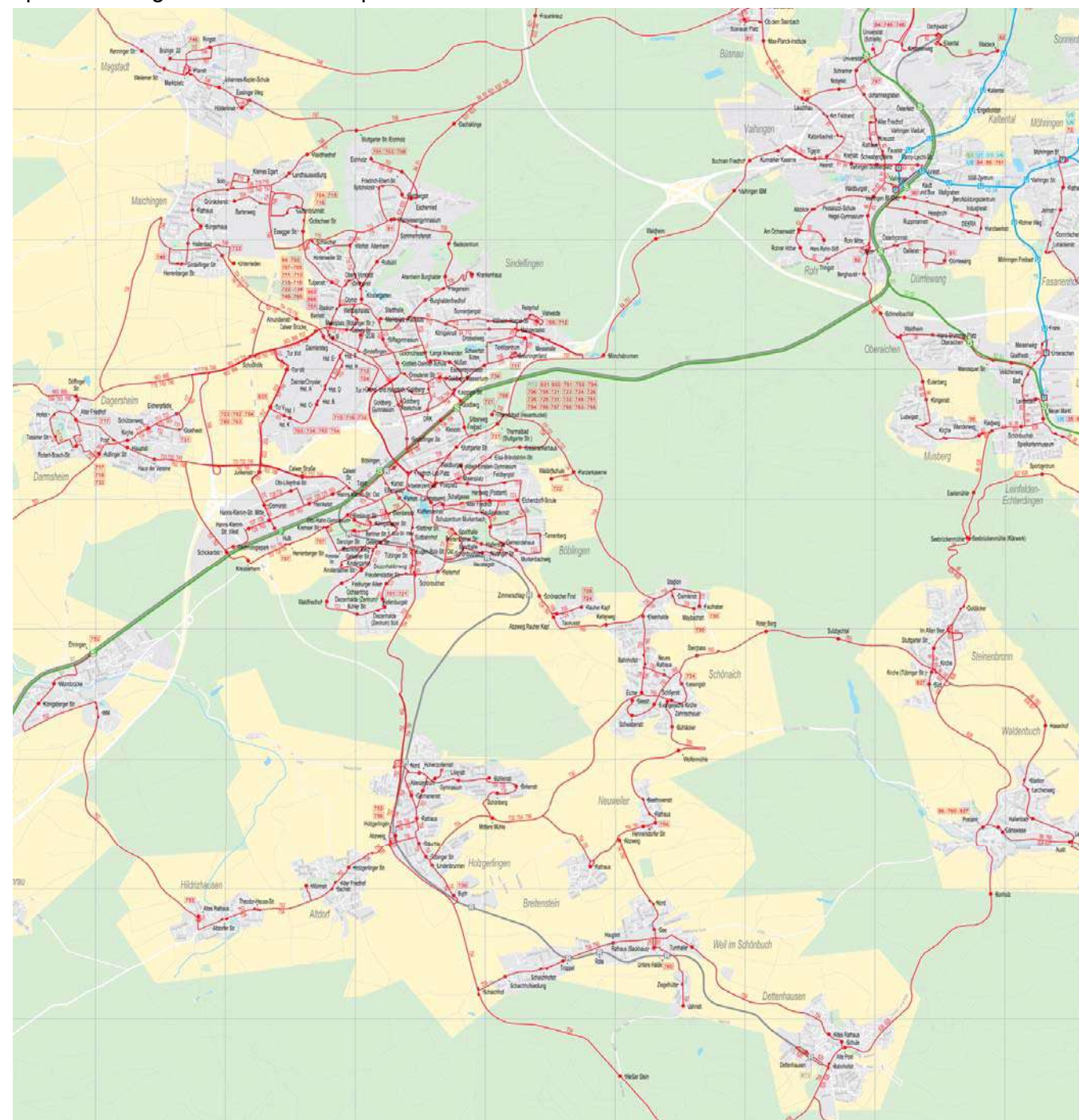
Quindi, il rinnovamento del trasporto ferroviario regionale, può essere adottato anche per medie realtà urbane e zone rurali? La risposta è affermativa. Ogni caso deve essere esaminato in base al suo



contesto. Quel che è certo è che non vi è alcuna ragione per ritenere come unica discriminante per l'adozione di un sistema di TCSP il peso demografico dell'area: oltre al tram e alla metropolitana classica ci sono così tanti altri modi per creare un servizio ferroviario che è attraente ed efficace in un determinato territorio.

6.1. SCHÖNBUCHBAHN (Regione di Stoccarda, Germania)

La ferrovia della valle della Schönbuch che collega Böblingen a Dettenhausen è un modello in termini di ripristino e miglioramento della capacità di attrazione di una linea ferroviaria locale.



La valle di Schönbuch è situata nel quadrante occidentale dell'area metropolitana della città di Stoccarda, uno dei maggiori centri economici della Germania, legata alla presenza di colossi dell'industria automobilistica. La valle ha subito una costante urbanizzazione anche in seguito ai processi di deurbanizzazione dell'agglomerato urbano centrale di Stoccarda. Alla città centrale si sono fermati otto centri metropolitani secondari: questo è particolarmente vero per Böblingen - la cui popolazione ha raggiunto la cifra di 46.000 abitanti - e si trova al margine della sede di Sindelfingen della Daimler-Chrysler. La maggior parte di questi centri sono collegati al centro di Stoccarda tramite la S-Bahn, la cui struttura è radiale.

La valle di Schönbuch nel complesso comprende una popolazione di 75.000 abitanti. I comuni situati in prossimità della vecchia linea ferroviaria hanno una popolazione compresa tra 5.000 e 12.000 abitanti. Considerata l'attrattività del cluster urbano di Böblingen / Sindelfingen, la stragrande maggioranza degli spostamenti casa-lavoro avvengono verso queste due città situate allo sbocco della valle, mentre una parte minore hanno come destinazione la stessa Stoccarda. Il tasso di motorizzazione dell'area è piuttosto elevato: 610 autovetture per 1.000 abitanti nel 2003.



Fig. 7. Schema della rete Metro+Suburbana dell'area: la Schönbuchbahn è indicata con il servizio R72.

Il servizio ferroviario di Schönbuch è stata abbandonato nel dicembre 1966, 50 anni dopo il collaudo della linea. 22 anni dopo, nel 1988, la Deutsche Bahn ha annunciato l'intenzione di sospendere anche il traffico merci. I cittadini e le autorità locali sono mobilitati contro la chiusura definitiva della linea: nel 1989, il provincia di Böblingen avanza la proposta di ristabilire un servizio di linea per una traffico di 2.500 pax-giorno, il 25% in più rispetto al traffico di autobus. In accordo con la provincia di Tübingen viene istituito un gruppo di iniziativa locale di diritto pubblico: i due enti locali acquistano la sede ferroviaria nel 1993 al

prezzo simbolico di 1 DM. Le ferrovie tedesche, che consideravano la linea un ramo secco, non hanno fornito alcun sostegno finanziario per la riapertura della linea.

Dopo una procedura d'affidamento per licitazione privata, alla società WEG (Railway Corporation Württemberg, successivamente acquisita dal gruppo CONNEX), viene affidata la ristrutturazione e il funzionamento della linea.



La **ristrutturazione** della linea inizia nel 1995 per un importo lavori di € 14,6 milioni di euro, finanziato in parte mediante sovvenzioni da parte dello Stato. Il progetto include:

- ristrutturazione della sede ferroviaria, con adattamento ad una velocità di 80 km/h (invece dei precedenti 50 km/h);
- realizzazione di sei stazioni comprensive di fabbricato viaggiatori e piattaforme di attesa con un marciapiede di altezza pari a 76 cm dal piano del ferro;
- costruzione di sei nuove fermate a servizio di aree residenziali e generatori di traffico;
- misure di sicurezza, compresa l'eliminazione dei passaggi a livello e la risoluzione degli attraversamenti con sovrappassi o sottovie;
- costruzione di una nuova stazione presso Nord Holzgerlingen;
- ristrutturazione e la costruzione di nuove opere d'arte di linea;
- costruzione di un deposito e centro di manutenzione per il nuovo materiale rotabile.

Particolare cura è stata dedicata alle sistemazioni urbanistiche intorno alle stazioni: la riapertura della linea è stata l'occasione per la realizzazione di una tanto drastica quanto riuscita ristrutturazione delle zone urbane adiacenti. Edifici fatiscenti o abbandonati ospitano oggi accoglienti ristoranti, negozi ricercati e costituiscono ormai "passeggiate" ritrovate.

La riattivazione della linea è anche un buon esempio operazione congiunta tra politiche di trasporto e pianificazione urbana. La riapertura della linea è stata accompagnata dalla costruzione di nuove zone residenziali, parchi e attività produttive lungo il corridoio ferroviario, in particolare nella città di Holzgerlingen.

L'**esercizio** è stato affidato alla WEG – oggi una controllata del gruppo internazionale CONNEX –, che ha anche la responsabilità del mantenimento e la gestione delle infrastrutture. L'offerta a base di gara riguardava la circolazione minima dei convogli ogni mezz'ora nei giorni feriali e ogni 50' il sabato, la domenica e nei giorni festivi.

La corrispondenza con la rete S-Bahn avviene presso la stazione di Böblingen. Interscambi con servizi di autobus di linea ad ogni stazione garantiscono l'accesso alla linea a tutti gli altri comuni della valle non serviti direttamente dal servizio ferroviario. La linea è stata integrata nel sistema tariffario integrato della Grande Stoccarda: in questo modo è possibile utilizzare l'autobus e treno con un unico titolo di trasporto.

Il risultato: il progetto è stato approvato su una base di 2.500 pax-giorno rispetto ai 2.000 trasportati con servizio ordinario di autobus. A otto mesi dall'apertura del servizio la linea serviva già 4.300 pax-giorno. Oggi il treno è utilizzato da 6.700 pax-giorno. A fronte di un tale aumento di utenti si è reso necessario l'acquisto di nuovo materiale rotabile e l'allungamento delle banchine di fermata per consentire il servizio con rotabili accoppiati.



Fig. 8. Passato e presente della linea.



Fig. 9. La sede ferroviaria prima e dopo l'intervento.

I **veicoli** utilizzati sono moderni veicoli diesel per trazione ferroviaria REGIOSHUTTLE-1 (RS 1) della società Adtranz (ora forniti da Stadler), materiale acquistato da un raggruppamento apposito costituito dalla Provincia e da vari enti locali minori per l'operatore. Quattro veicoli sono stati ordinati durante il collaudo del percorso. Nel 2001, si sono aggiunti altri due veicoli: questo ha permesso, dopo un prolungamento dei marciapiedi, l'esercizio con composizione tripla.

Il materiale rotabile, la cui immagine – a fini promozionali - è stata adattata per l'uso sulla linea della valle della Schönbuch offre un comfort evidente al confronto con il materiale rotabile ferroviario convenzionale. L'accesso avviene in linea con l'estradosso della piattaforma di banchina (piattaforme di 76 cm di altezza dal pdf), che garantisce una piena accessibilità.

Infine, resta il traffico merci sulla linea con la trazione fornita dalla RS-1 alla quale è possibile accoppiare i carri merci necessari.

CONCLUSIONI

La riapertura della linea ferroviaria nella valle della Schönbuch è interessante per vari motivi: si dimostra che è possibile, sulla base di una iniziativa locale acquisire un'infrastruttura ferroviaria esistente e non utilizzato per creare un'offerta attraente ed efficiente di trasporto locale attraverso un modesto investimento in grado di creare una notevole sinergia su un piccolo territorio. Senza questo effetto attribuibile senza dubbio al servizio di linea, la popolazione della valle avrebbe preso una curva demografica discendente con perdita di valori dei terreni e forti fenomeni di degrado tipici delle aree metropolitane "remote": al contrario si è registrato un netto trend positivo che, unitamente allo spiccato split modale a favore del ferro ha reso l'investimento fortemente redditizio.

CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO

Lunghezza: 13+770 km

Numero di stazioni: 12 (di cui 6 nuove)

Costo dell'opera: 14,6 M € (comprensivi di materiale rotabile) per 1,1 M€/km

Presenze: 6.700 passeggeri / giorno

Operatore: WEG (Connex)

Proprietà della linea: Raggruppamento di enti locali (Province di Böblingen - 80% e Tübingen - 20%)



6.2. RURTALBAHN (Distretto di Düren, Germania)

La Rurtalbahn è la storia di un altro successo. Partendo da circa 1.200 passeggeri al giorno nel 1989, il traffico è aumentato del 500% in 15 anni per raggiungere il numero di 6.400 passeggeri al giorno nel 2004. In questa regione interessata sia da flussi pendolari che turistici, la ferrovia della valle del Rur collega i centri situati nella parte settentrionale del cantone di Düren con la parte meridionale del Rureifel assolvendo a un duplice obiettivo: offrire una valida alternativa per gli spostamenti pendolari ma anche un viaggio attraente per gli spostamenti di svago nel fine settimana. Situata nel bacino trasportistico di Aquisgrana, la città di Düren conta 90.000 abitanti, mentre la provincia ne conta 260.000. Il tasso di motorizzazione è pari a 783 autovetture per 1.000 abitanti.

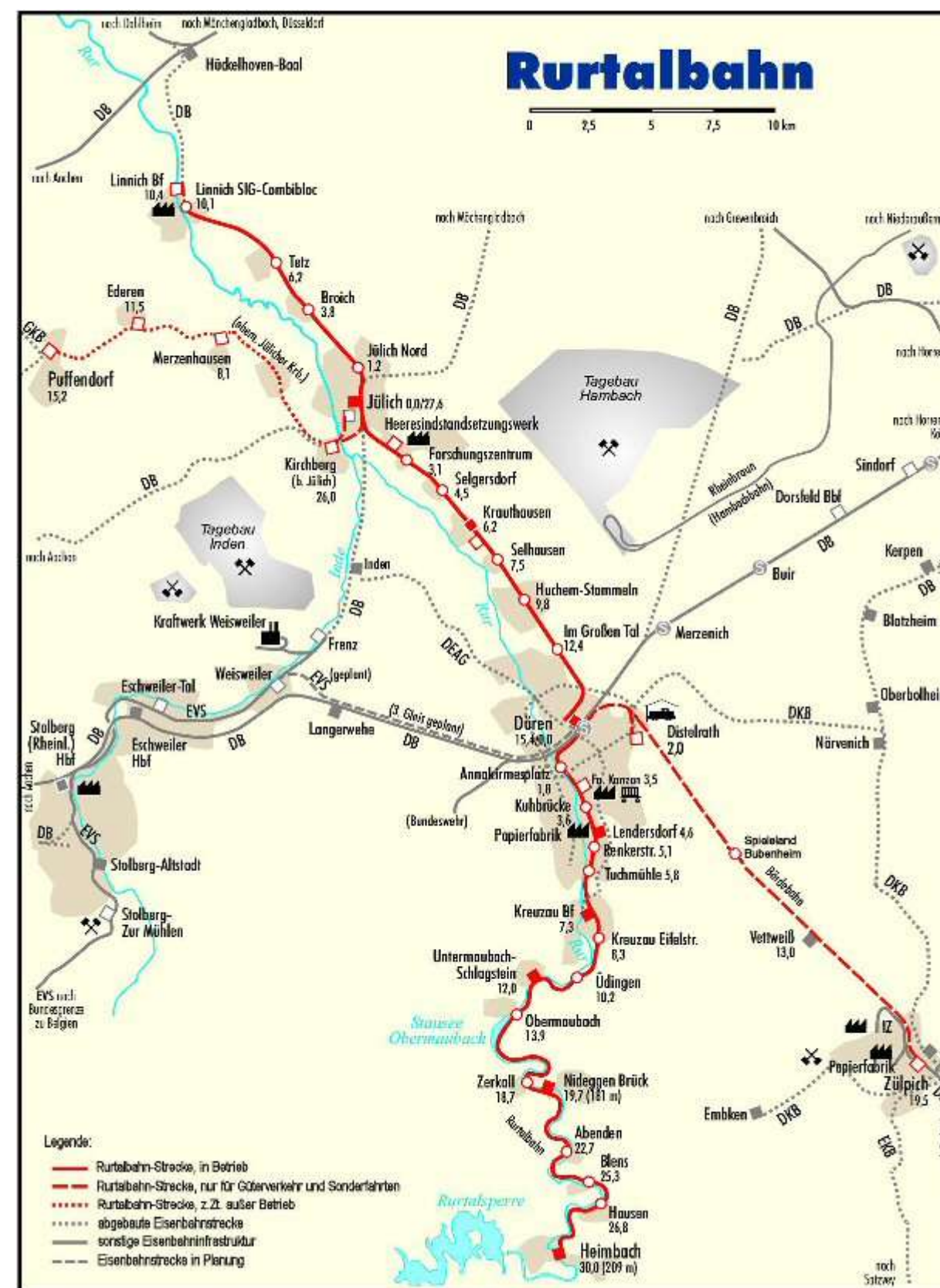
Il successo della Rurtalbahn non è casuale. Essa è legata ancora una volta ad una singolare e pronta iniziativa locale: l'acquisto nel 1992 da parte della provincia di Düren - così come per la ferrovia della Schönbuch - della linea ferroviaria Jülich - Düren - Heimbach, per il quale il proprietario e gestore - le ferrovie tedesche DB AG - aveva deciso lo smantellamento. Il suo ripristino unitamente all'integrazione in un concetto globale di mobilità, ne ha permesso un netto ed evidente miglioramento del servizio.



Questa iniziativa è stata possibile grazie ad un particolare strumento deciso dal Governo Federale Tedesco, che prevede la copertura degli investimenti effettuati da Enti Locali sino al 90%. Come risultato, oltre alla linea ferrata di 59 km, l'amministrazione circondariale del Distretto di Düren è diventata proprietaria di 17 stazioni, 11 locomotori, una piccola locomotiva e di tutte le proprietà terriera della società del Dürener Kreisbahn, l'operatore storico della linea.

Nel 1993, la linea è tornata in servizio. A causa dello smantellamento del ponte ferroviario di Düren, il tracciato è diviso in due sezioni, gestiti separatamente, ciascuno con capolinea presso la stazione

ferroviaria di Düren. Ciò non inficia l'offerta di servizio, essendo entrambe le gestioni integrate nel Sistema Unico di Tariffa della Ruhr-Renania: con un solo biglietto sono possibili più scambi e trasbordi.



Forte del rapido e consolidato successo, l'operatore - la società Dürener Kreisbahn -, nel 2002 ha deciso, in accordo con i comuni interessati, di ripristinare il collegamento tra Jülich e Linnich ed estendere il servizio a tutta la valle. Oggi, tutti i comuni della valle sono collegati e l'intero Distretto è servito da nord a sud. In totale ci sono tre linee sono attualmente in servizio:

Düren - Heimbach (30 km)

Düren - Linnich (26 km)

Düren - Zülpicher (19 km)

In aggiunta a queste linee, la Dürener Kreisbahn è proprietaria della linea Jülich - Puffendorf (15 km), il cui funzionamento è attualmente sospeso. La rete comprende anche un'asta di collegamento tra Düren e Distelrath, che permette la connessione tra la linea principale e il deposito/centro di ricovero. Attualmente la rete si sviluppa per 90 km con 28 tra stazioni e fermate.

Nel 2003, la società operativa del Dürener Kreisbahn si trasforma in RURTALBAHN SARL, il cui principale azionista è proprio l'amministrazione circondariale di Düren. Ufficialmente, le società che gestiscono il servizio su gomma del distretto e la ferrovia sono separate e indipendenti l'una dall'altra. La nuova società si chiama RURTALBAHN GmbH, con il nome che sottolinea l'importanza e l'origine del prodotto venduto inizialmente, la Rurtalbahn.

L'INFRASTRUTTURA

L'acquisizione delle infrastrutture esistenti è stata accompagnata da numerose misure volte a migliorare sia le opere d'arte che il servizio. Diverse stazioni sono state ricostruite, mentre la linea è stata attrezzata con moderne tecnologie di segnalamento e lo sviluppo planimetrico rettificato in modo tempestivo. Quest'ultima misura ha migliorato le performance permettendo velocità di 80 km/h, che si riflette in una diminuzione della durata del viaggio di 13 minuti.

Una delle azioni più originali del progetto è stata la creazione di **"sponsorizzazioni" dedicate** per ciascuna delle stazioni della linea. Privati, società o associazioni sono divenuti soggetti attivi della riqualificazione e del mantenimento delle opere fisse, vincolati ad assumersi la responsabilità per la loro stazione in cambio della possibilità di utilizzo di appositi spazi promozionali dedicati. L'onere per il privato si concentra principalmente nella cura degli spazi verdi e delle sistemazioni esterne nonché nella manutenzione ordinaria della stazione. I partner sono i primi a riconoscere atti di vandalismo o di usura, in modo da poter trasmettere rapidamente le informazioni circa malfunzionamenti e reagendo rapidamente con il ripristino della situazione precedente. L'idea non solo migliorare la situazione ordinaria delle stazioni, ma rafforza l'attenzione per gli spazi pubblici e migliora il rapporto con i clienti.

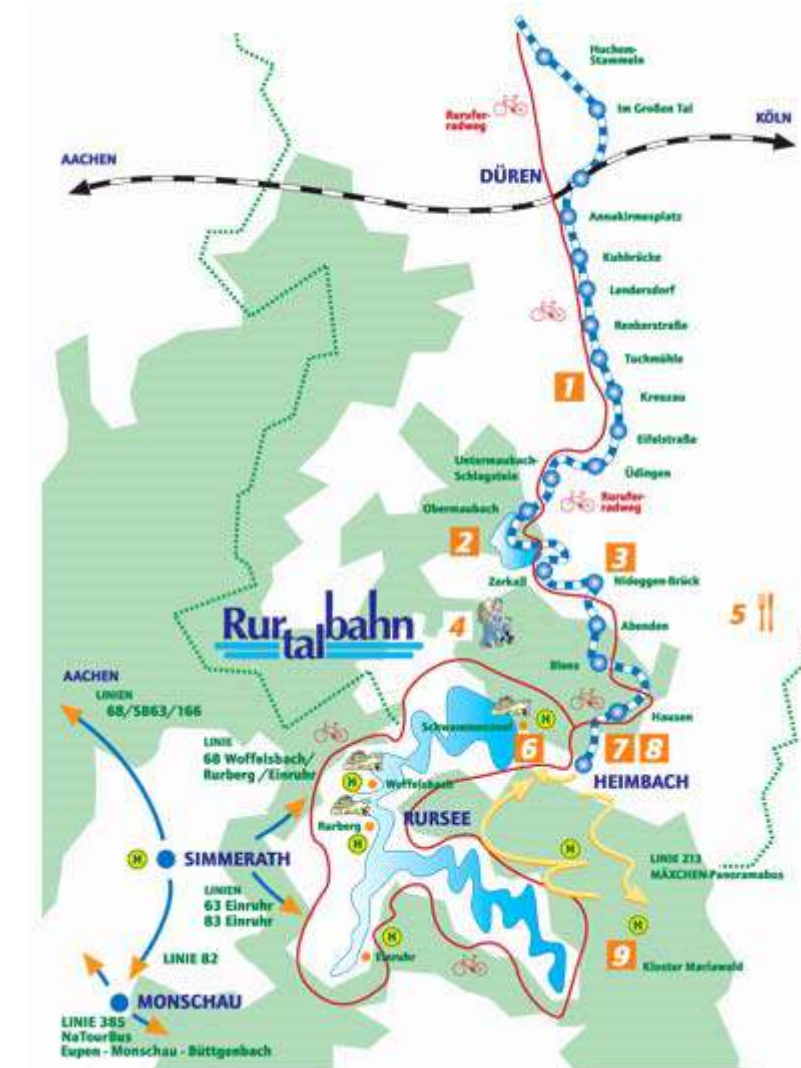
Sulla linea la frequenza media è di circa 50'. Servizi di 30' sono previsti per l'agglomerato urbano di Düren.

L'integrazione completa con la rete distrettuale di trasporto su gomma autobus ha consentito la completa ottimizzazione eliminando servizi sovrapposti e rafforzando le linee di adduzione verso l'entroterra.

Il successo della linea è collegato agli alti livelli di servizio e alla qualità degli spazi di transito. Così in pochi anni, la ferrovia della valle del RUR è diventata la linea ferroviaria più puntuale della Regione della Renania Settentrionale-Westfalia.

L'inserimento del servizio della RUR nel Sistema di Tariffazione Unificato della Nord Renania-Westfalia e il miglioramento dei servizi sulle rotte adiacenti gestite da altri operatori, come ad esempio la linea intercity tra Colonia e Aquisgrana, ha avuto ricadute molto positive sulla RURTALBAHN.

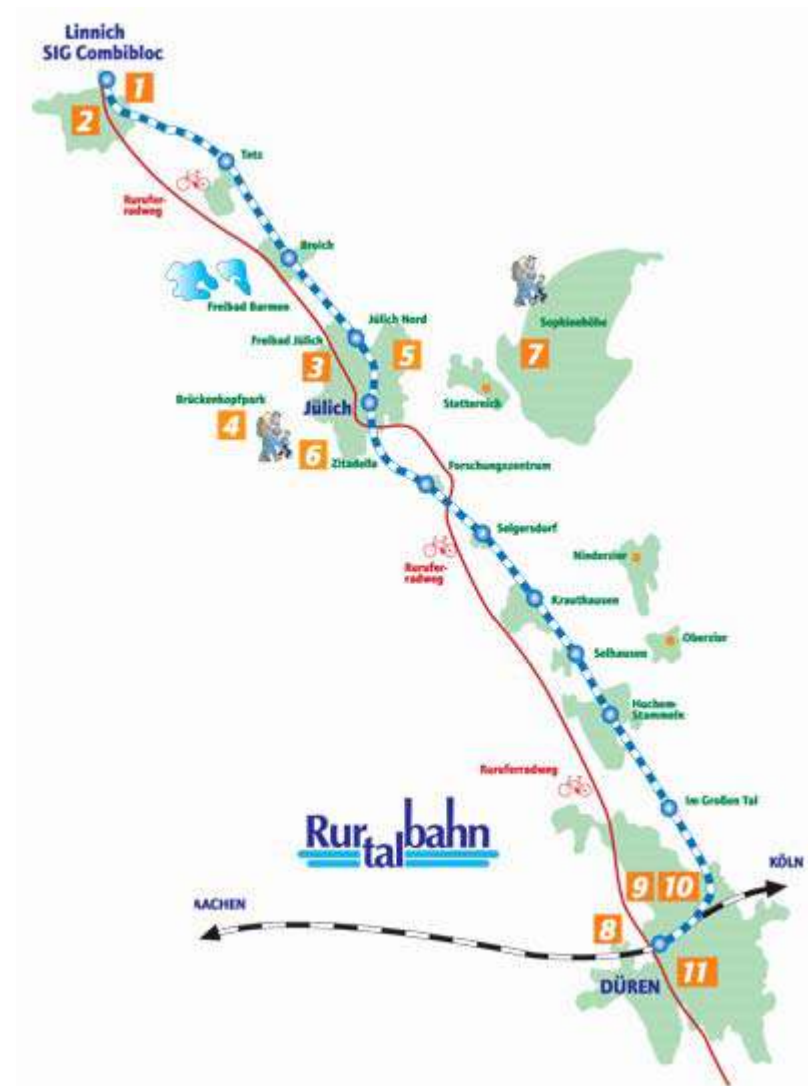
La società Rurtalbahn ha impostato il proprio skill sulla capacità di collaborare con gli altri operatori locali ma anche quelli dei paesi vicini (la linea della RUR è situata nell'Euroregione Aquisgrana-Maastricht-Liegi divisa tra Germania, Paesi Bassi e Belgio) con l'obiettivo ultimo di fornire una offerta globale ai propri clienti. Ad esempio attraverso la sua collaborazione con EUREGIOBAHN la RURTALBAHN offre diversi servizi aggiuntivi, come la relazione estiva verso l'Olanda meridionale. Nello stesso spirito, il deposito, creato dalla società è a disposizione di altri operatori e delle altre aziende di trasporto.



Servizio Düren - Heimbach

1. Freizeitbad Rurwelle
2. Stausee Obermaubach
3. Burg Nideggen
4. Wegweisungen für Spaziergänge und Wanderungen
5. Ausflugslokale an vielen Haltepunkten
6. Rurtalsperre "Schwammenauel"
7. Luftkurort Stadt Heimbach
8. Jugendstil Wasserkraftwerk
9. Abtei Kloster Mariawald





La RURTALBAHN non fornisce solo un servizio passeggeri ma gestisce anche le linee per il traffico delle merci. Questo settore ha mostrato un forte incremento positivo nel corso degli ultimi anni e dovrebbe continuare a crescere secondo gli annunci fatti da diverse aziende operanti nel distretto, pronte a utilizzare i servizi forniti dal RURTALBAHN, soprattutto in relazione alla funzione di passante rivestita dalla linea nei confronti del congestionato nodo ferroviario di Colonia. In tale contesto, la società DB Cargo delle ferrovie nazionali ha stipulato un contratto d'uso per l'utilizzo promiscuo della ferrovia della valle della RUR.

La riapertura della linea ferroviaria è stata accompagnata dall'acquisto di nuovo materiale rotabile. Il primo ordine è stato effettuato per 17 veicoli a pianale ribassato del tipo REGIOSPRINTER della società DUEWAG AG. Questi veicoli sono veicoli ferroviari leggeri, ai sensi delle norme ferroviarie tedesche. Essi hanno un limite di resistenza nei confronti degli urti longitudinali di 600 kN, per un valore di resistenza nominale pari a 1.500 kN. Con questi valori i veicoli non sono omologati per il traffico ordinario sulla rete ferroviaria. La sezione centrale del veicolo presenta un pianale ribassato che garantisce la piena accessibilità alle stazioni. La capacità è di 164 passeggeri per veicolo.

Il convoglio – di tipo bidirezionale - è costituito da una doppia cassa articolata a trazione diesel con due porte per carrozza. Grazie al coefficiente di accelerazione / decelerazione, i REGIOSPRINTER sono particolarmente adatti per linee servizio su medie percorrenze. Con una capacità di frenatura di emergenza pari a $2,73 \text{ m/s}^2$, questo è uno dei pochi veicoli ferroviari che soddisfa le norme per la frenatura in area urbane. In tutto nel primo ordine sono stati acquistati in primo ordine.



La società RURTALBAHN GmbH possiede anche due locomotive e 70 vagoni per il servizio merci, che attesta il successo del servizio della linea anche in questo campo della mobilità.

L'azienda sta raccogliendo i frutti della lungimiranza dimostrata nel progetto: il centro di manutenzione e ricovero della linea della RUR è diventato un punto di riferimento nel panorama della manutenzione per i vari operatori che esercitano nel triangolo Nord Renania-Westfalia/Limburgo/Regione di Liegi e Lussemburgo.

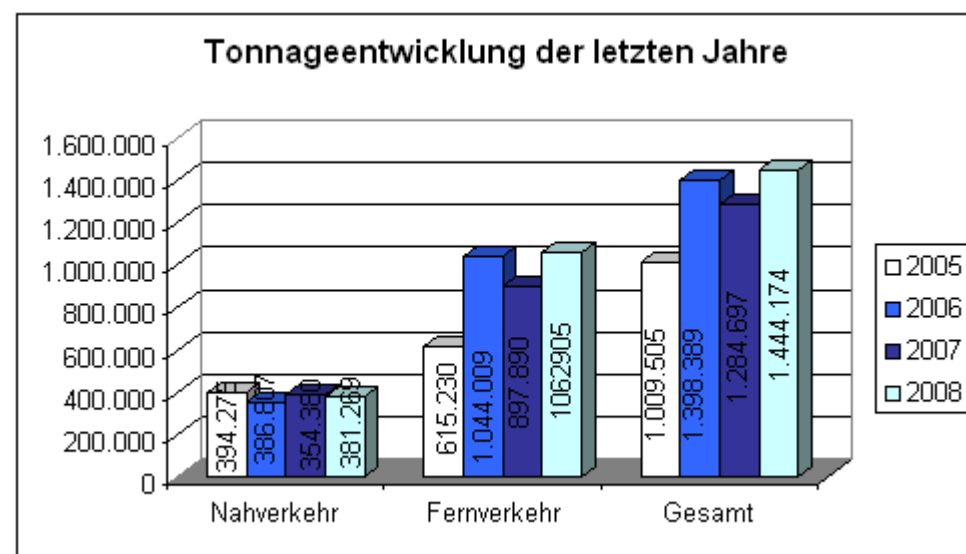


Fig. 10. Traffico merci: valori dal 2004 al 2008 di trasporto locale (nahverkehr); media distanza (fernverkehr) e merci complessive trasportate (gesamt).

CONCLUSIONI

La Rurtalbahn è un successo concreto in termini di rilancio di una linea ferroviaria locale. Essa dimostra che una iniziativa locale produce benefici per tutto il Paese, migliorando la mobilità dei suoi abitanti in modo sostenibile e competitivo. In aggiunta alle misure di regionalizzazione e alle misure introdotte per migliorare l'attrattiva della linea, la RURTALBAHN dimostra qualora ve ne fosse bisogno, ancora una volta l'importanza dell'effetto rete. La linea della RUR porta ad un ulteriore vantaggio rispetto al caso precedente grazie alla completa integrazione nella rete distrettuale e regionale e alla creazione di un sistema integrato tra ferrovia e strada soprattutto in relazione al trasporto delle merci.

Lunghezza: 55 km

Numero di stazioni: 28

Costi di misure: 5,3 M€ per l'acquisto della linea e 3,1 milioni di € per le opere d'arte per 152.700 €/km

Carico: 6.400 passeggeri nel 2004.

Operatore: Rurtalbahn GmbH

Proprietario: Rurtalbahn GmbH (il Distretto di Düren è azionista al 25% , la società Rath GmbH al 75%)



6.3. REGIOBAHN KAARST-METTMANN (Regione di Düsseldorf, Germania)

Con circa 570mila abitanti e un'area urbana di 2,7milioni, la città di Düsseldorf è la capitale di una delle zone urbane più vaste d'Europa: la Ruhrgebiet con oltre 11 milioni di abitanti. L'importanza di uno dei maggiori centri finanziari tedeschi è legata sia alla sua attrattiva economica (in particolare al settore audiovisivo in forte espansione) sia agli ottimi servizi di mobilità che vi fanno capo. Non a caso la Regione presenta un tasso di motorizzazione relativamente basso, pari a 522 autovetture per 1.000 abitanti.

REGIO
BAHN



Düsseldorf ospita il terzo aeroporto in Germania e una fitta rete di linee S-Bahn (ferrovia suburbana). In questo quadro così roseo restano però dei coni d'ombra: nell'area metropolitana esistono delle aree che non sono connesse al sistema della mobilità e diversi tronchi ferroviari abbandonati. È questo il caso dei comuni di Mettmann, ad est della città, e Kaarst, che si trova nel quadrante opposto: proprio la municipalità di Kaarst ha deciso di dare vita a un gruppo di iniziativa locale per ripristinare il servizio su una tratta ferroviaria dimessa. A questa azione si è unita la municipalità di Mettmann: poiché queste due città sono separate da Düsseldorf, l'iniziativa intrapresa ha portato ad una novità rispetto alla ferrovia tratta nel primo esempio – della valle di Schönbuch: la proposta allegata alla richiesta di finanziamento prevede il collegamento attraverso il centro urbano di Düsseldorf grazie all'utilizzo in promiscuo come passante tra le due tratta ferroviarie da ripristinare di un tronco della rete S-Bahn, passando per la stazione centrale della metropoli renana. In questo modo il bacino d'utenza del progetto ha raggiunto la cifra di 1,26 milioni di abitanti.

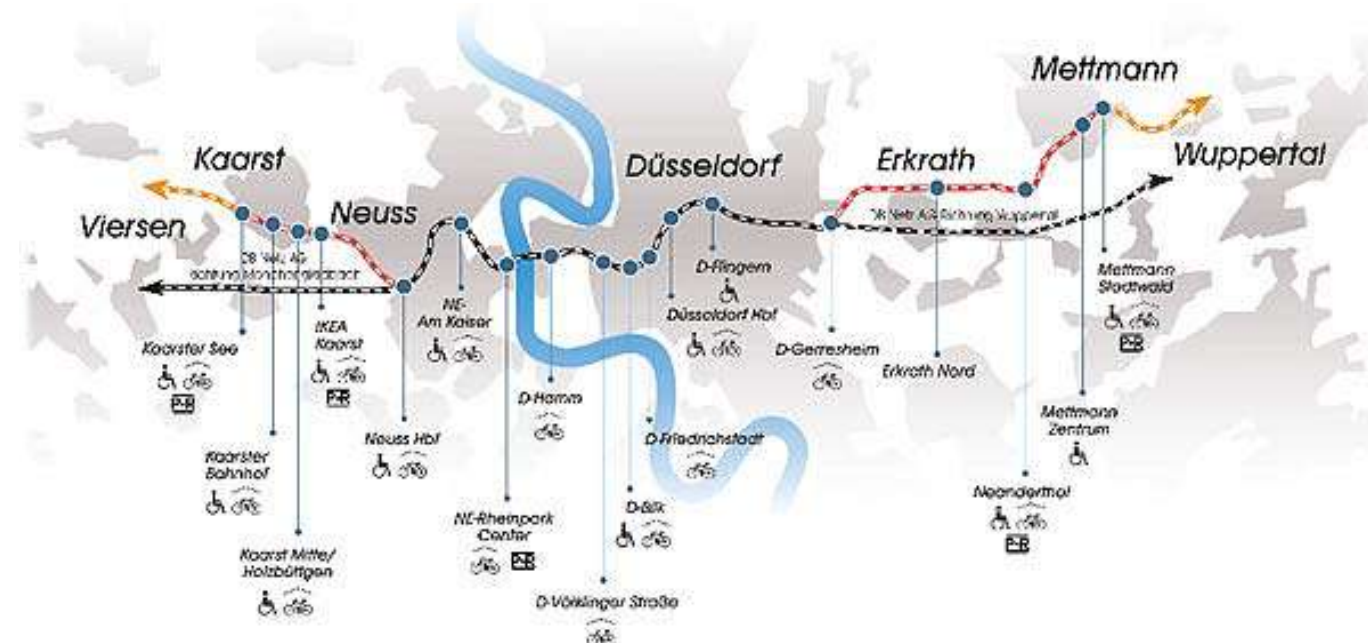
Il progetto è un successo dovuto all'abile processo di concertazione tessuto dalla società partecipata REGIOBAHN, che è la società a partecipazione pubblica preposta al possesso e alla gestione della linea. Essa riunisce le amministrazioni distrettuali di Düsseldorf, Neuss, Mettmann e Kaarst con rappresentanze dirette dei rispettivi comuni cui si sono aggiunti anche Wuppertal e Neuss. Anche per la REGIOBAHN, come nei due esempi precedenti, l'iniziativa è a livello di ente locale.

La REGIOBAHN GmbH è stata fondata nel 1992. Nel 1994 l'azienda ottiene il permesso di esercitare nel campo dei servizi di mobilità. Nel 1998, acquista i tronchi occidentale e orientale della linea Mettmann-

Kaarst e chiede la possibilità a DB di utilizzare con servizio promiscuo la sezione centrale della S-Bahn di Düsseldorf, compreso il passaggio per la stazione centrale della città.

Terminati i lavori di ristrutturazione, il ramo occidentale apre al servizio pubblico a seguito del mandato per la Regiobahn di esercitare in concessione dalla DB con la linea Karst-Neuss. Nel 1998 ha inizio la ristrutturazione della tratta orientale che si concluderà l'anno successiva con la creazione di due nuove fermate a servizio dell'abitato di Mettmann. L'esercizio della linea è poi assegnato a una società del gruppo Connex (Rheinisch-Bergische Eisenbahn GmbH) e inizia nell'autunno del 1999 con una frequenza minima di 50'. L'anno successiva il cadenzamento si riduce ad un passaggio ogni 20'.

Il successo del servizio è evidente sin dal primo anno. Il carico supera ben presto tutte le previsioni: in tre anni il valore di pax-giorno triplica sino a superare le 18.000 unità nel 2003.



In termini infrastrutturali il progetto ha contemplato il rinnovamento della sede esistente con l'aggiunta di nuove fermate. La linea è divisa in tre parti:

- la parte centrale, di proprietà di Deutsche Bahn Netz AG di Düsseldorf funge da connessione tra la tratta orientale e quella occidentale attraverso il transito per la stazione centrale;
- il ramo occidentale lungo 6,4 km, che è stato ristrutturato e restituito all'utenza completamente ristrutturato e con uno standard di servizio notevolmente più alto. Su questa tratta è stato costruito il centro di ricovero e manutenzione;
- il ramo orientale, con una lunghezza di 9,9 km.

In tutto sono state costruite ex-novo otto nuove stazioni, per la maggior parte dotate di parcheggi per biciclette proprie con box di sosta che possono essere affittati per 40 euro/anno. La maggior parte delle stazioni è dotata anche di parcheggi P+R di interscambio. L'obiettivo dell'intermodalità è stato perseguito anche a livello di incentivi fiscali locali per catturare il maggior numero di spostamenti privati diretti verso Düsseldorf. Il progetto della linea ha tenuto in primo piano l'accessibilità: accesso a livello, annunci vocali, mappe e percorsi tattili.





La lunghezza totale della linea REGIOBAHN è di 34 km, di circa 18 km sono di proprietà della società REGIOBAHN. La società è anche proprietaria di un'asta di collegamento di 3,7 km che collega Mettmann Stadtwald alla città di Wuppertal. Essa potrà permettere il collegamento con la S-Bahn di Wuppertal aumentando l'effetto rete in una zona fortemente urbanizzata.

All'avvio del servizio la frequenza era di un passaggio per ora. Attualmente l'offerta è di un treno ogni 20'. Il collegamento diretto tra il centro città attraverso la stazione centrale di Düsseldorf, ovviamente, offre un livello di qualità del servizio e di servizio superiore a quello delle ferrovie esaminate in precedenza – di Schönbuch e della valle della RUR. Per le tracce orarie concesse sulla tratta centrale in Düsseldorf il gestore paga un pedaggio al proprietario dell'infrastruttura, la società delle ferrovie tedesche DN Netz AG.

La riapertura delle due sezioni ferroviarie è stato accompagnata dall'acquisto di nuovo materiale rotabile. Il gestore CONNEX è anche responsabile della manutenzione dei veicoli TALENT realizzati dalla Bombardier Transportation. Questi veicoli restano però di proprietà della REGIOBAHN. Dopo un primo ordine di otto veicoli a doppia cassa, si sono aggiunti altri 4 convogli. Si tratta di veicoli a motore diesel, che possono viaggiare fino a 100 km/h, mantenendo un confort elevato per i viaggiatori.

CONCLUSIONI

Originata da un'iniziativa locale condivisa, la riapertura e riqualificazione delle due tratte ferroviarie Kaarst-Mettmann ha permesso ai comuni inseriti più lontani dell'area metropolitana di Düsseldorf di avviare un profondo rinnovamento urbanistico chiave di un rilancio economico ben strutturato e duraturo approfittando della vicinanza della metropoli renana fornendo ai propri residenti una risposta alla domanda di mobilità moderna e ad impatto ridotto.

Il fascino del mezzo ferroviario e l'effetto rete esteso ben oltre i limiti provinciali costituiscono i motivi di successo dell'operazione.

Lunghezza: 34 km (di cui 18 di proprietà della società partecipata Regiobahn LLC)

Numero di stazioni: 18 (di cui 9 di proprietà esclusiva della Regiobahn)

Costi del progetto: 50M€ per le infrastrutture (62 M€ con il materiale rotabile) per 1,85 M€/km

Carico: 18.000 passeggeri al giorno

Operatore: Rheinisch-Bergische Eisenbahn GmbH (Connex Regiobahn)

Proprietario: Regiobahn SARL



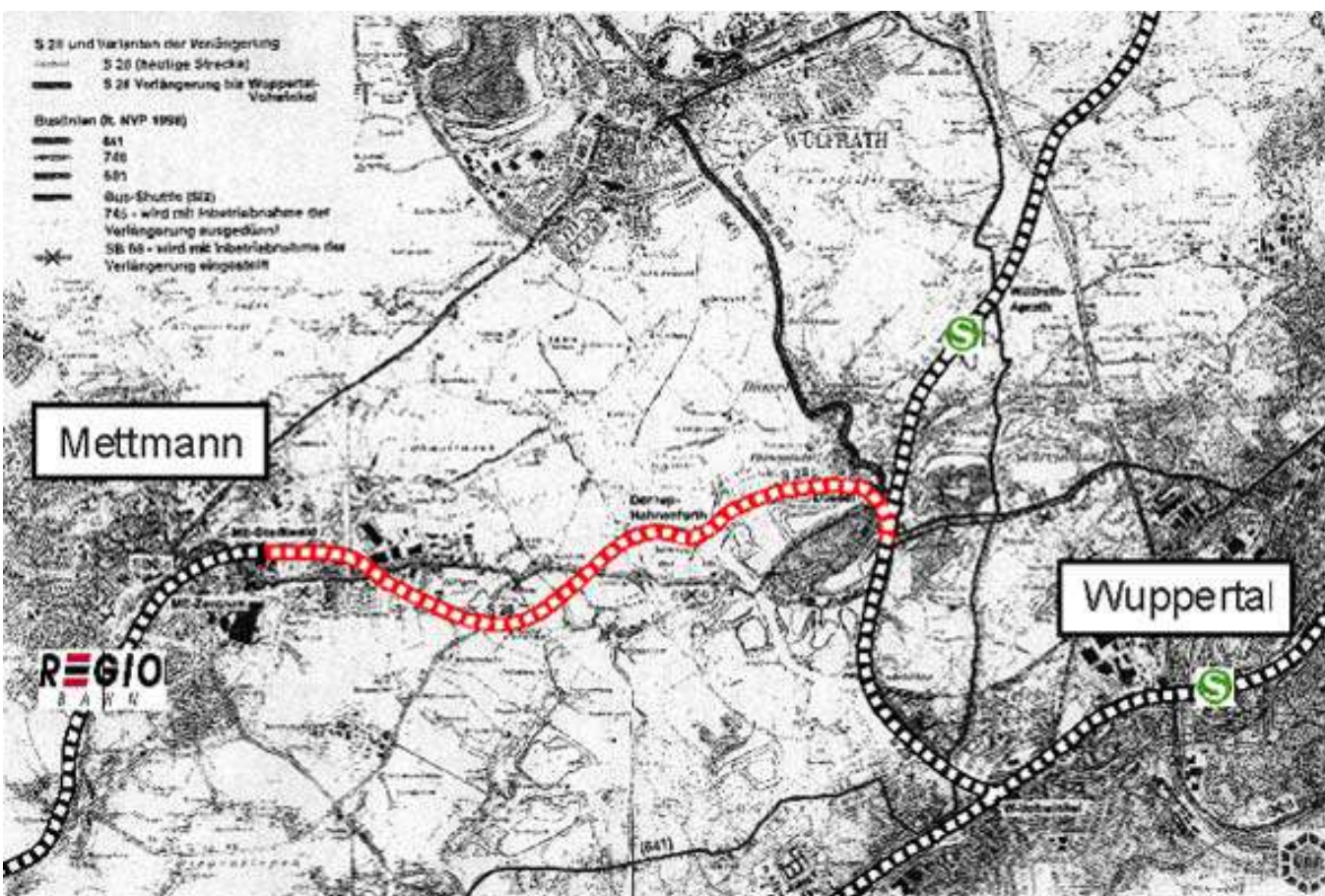
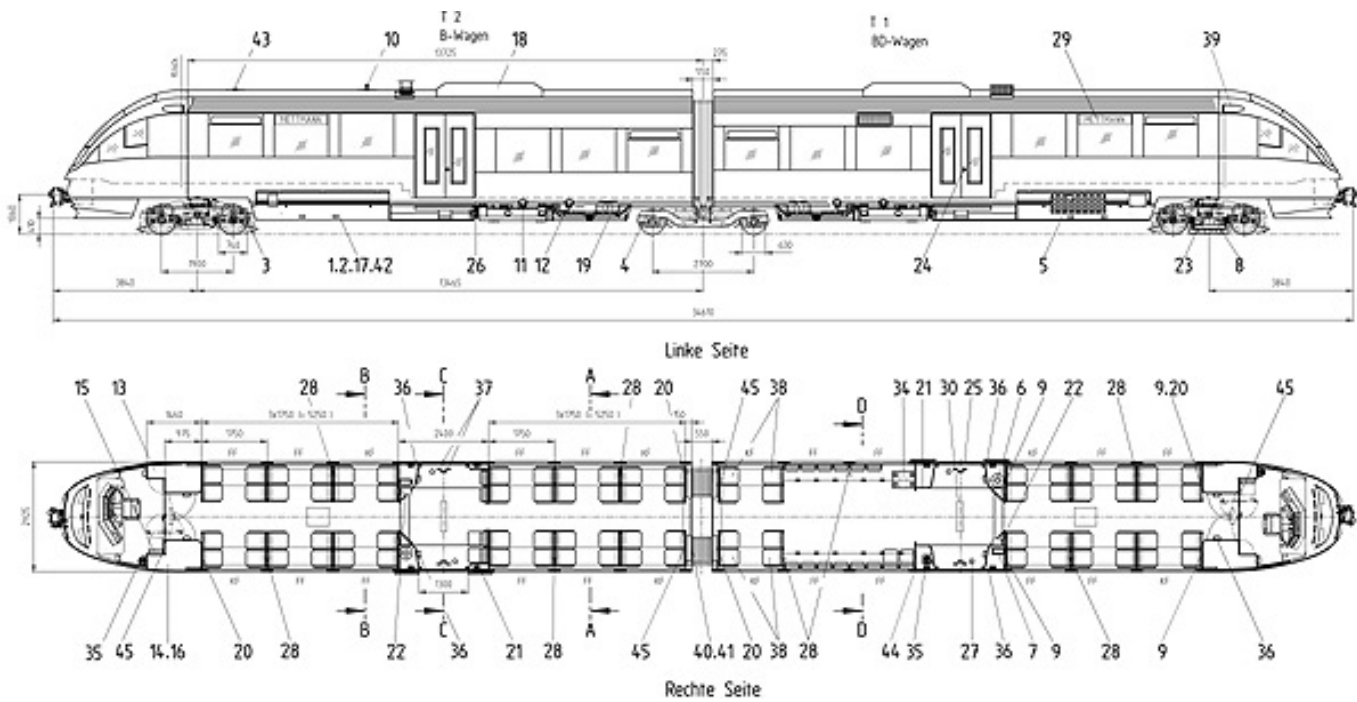
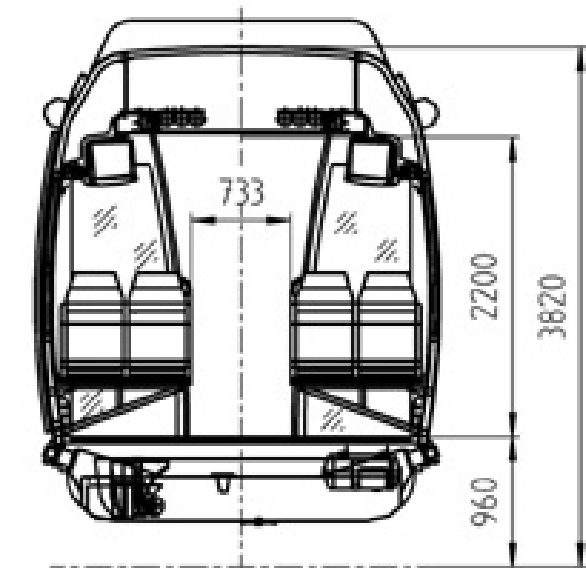
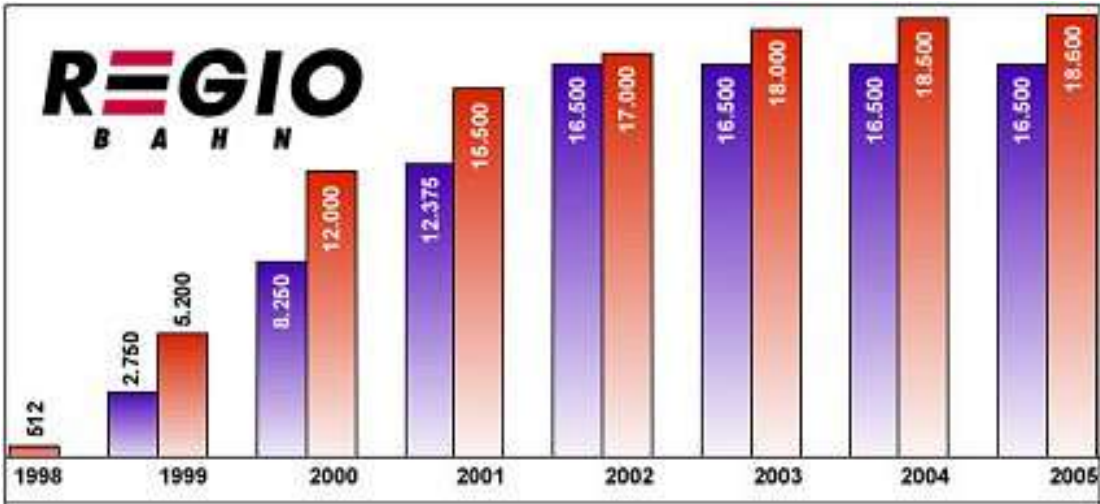


Fig. 11. Progetto di collegamento con la linea suburbana di Wuppertal: rafforzamento dell'effetto rete.



Peso:	55 t
Potenza:	2 x 315 kW
Velocità max:	100 km/h
Accelerazione:	1,1 m / s
Lunghezza:	34.610 millimetri
Larghezza:	2.925 millimetri
Altezza max:	4.015 millimetri
Altezza di incarrozzamento:	960 millimetri dal pdf
Numero di posti a sedere:	98



Previsioni di
carico del 1992

Frequenza reale.

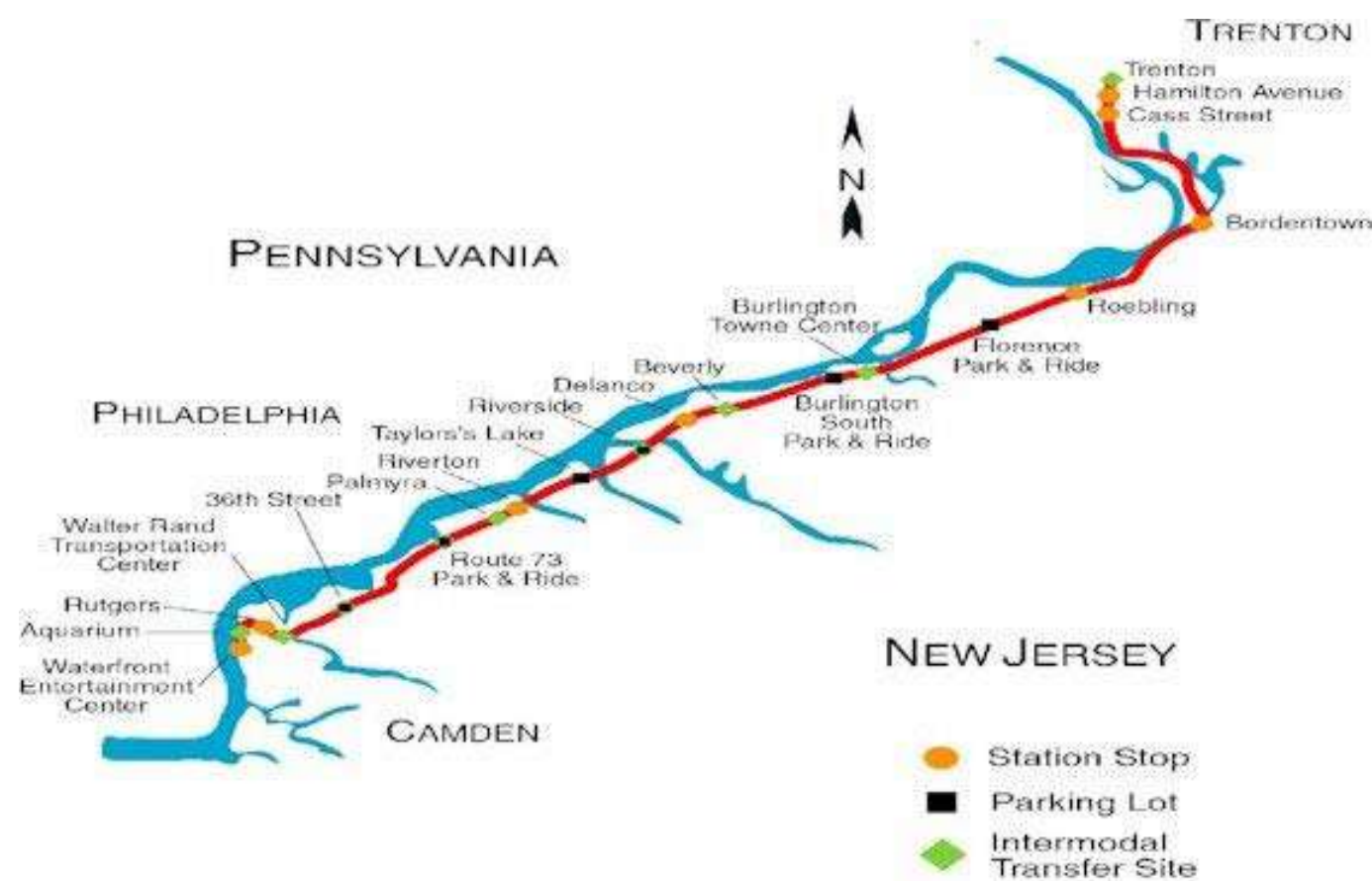


6.4. RIVERLINE CAMDEN-TRENTON (New Jersey, U.S.A)

Il collegamento RIVERLINE Camden-Trenton nel New Jersey (USA), è uno dei pochi esempi di tram-treno in senso proprio, vale a dire di veicolo omologato per ferrovia che entra in città su piattaforma urbana. A differenza degli altri esempi di tram-treno, che vengono presentati in questo lavoro (cfr. Vogtlandtbahn), la proposta fa riferimento all'utilizzo di una linea merci precedentemente non collegata ad alcun servizio di TCSP. Anche se la città di Camden è servita dalla linea ferroviaria PATCO di Philadelphia, mentre la municipalità di Trenton è servita dalla linea ferroviaria che collega Philadelphia a New York, nel comprensorio urbano non è operativo alcun tipo di servizio tranviario o similare.

La proposta progettuale ha implicato quindi più che un tram-treno un treno-tram, ovvero la trasformazione della linea ferroviaria esistente in una linea a carattere urbano.

Dopo alcuni anni dall'avvio dell'esercizio alcuni osservatori mantengono un atteggiamento critico in relazione ai livelli di frequentazione ancora ridotti, malgrado l'entità degli investimenti. Nonostante ciò, molti concordano sul fatto che la linea è un successo, soprattutto a causa del suo impatto sulla coesione urbana e sul rilancio economico e sociale del distretto Camden-Trenton. L'esempio costituisce – nonostante alcune peculiarità del sistema “americano” piuttosto distanti dalla scena europea – un riferimento di grande interesse e merita di essere analizzato in dettaglio.



La sponda orientale del fiume Delaware è una zona che vede una maggioranza di etnia afroamericana (83% della popolazione a Camden e 66,7% a Trenton). Il reddito medio per famiglia è pari a circa 30mila dollari, a fronte di una media per i “bianchi” di 42mila. Il corridoio conta una popolazione di 265.000 abitanti. Le disparità tra bianchi e neri sono evidenti perché ad una stratificazione sociale verticale estremamente rigida corrisponde una rigida segregazione geografica: mentre la popolazione nera vive principalmente in due comunità situate nei pressi di Trenton – con tassi di disoccupazione molto elevati e redditi piuttosto bassi, la zona di Camden e quella mediana vede una maggioranza di popolazione “bianca” con una distribuzione media del reddito molto più elevata.



Fig. 12. treno in sosta presso la stazione di Walter Rand.

La linea ferroviaria oggetto dell'intervento ha origine presso Newark alla periferia occidentale della megalopoli newyorkese e appartiene alla società Conrail. Situato sulla riva sinistra del fiume Delaware, da cui deriva prende il scambio con la linea diretta Philadelphia-New York presso la stazione ferroviaria di Trenton. La linea RIVERLINE, che ha una lunghezza complessiva di 57 km, è la terza più antica ferrovia della rete statunitense.

Con il ritorno al servizio passeggeri si è cercato di creare un'offerta di tipo vicinale e regionale in grado di occupare un segmento trascurato dalle politiche urbane della mobilità sia di New York che di Philadelphia incentrate in entrambi i casi su tanto estese quanto antiche reti di subway. Per rendere l'offerta più interessante, e aumentare il livello di copertura territoriale la linea è stata prolungata nel centro urbano di Camden con una sede promiscua di tipo misto (tram/traffico viario su gomma).

La linea ferroviaria dedicata inizialmente al solo trasporto merci è stata acquisita dalla società NJ TRANSIT nel 1999 al prezzo di 67,5 milioni di \$ (circa 41,7 M€).

Alla stessa società sono state affidate la progettazione e la costruzione della linea, oltreché l'esercizio e la manutenzione nel quadro di un partenariato pubblico-privato per un totale di 1 miliardo di \$.

Le misure per la modernizzazione della linea hanno consistito nel miglioramento dei fabbricati esistenti e nella costruzione di nuove stazioni e fermate. È stato posato un sistema di telecomunicazioni e segnalamento per la creazione di un sistema informativo dei passeggeri in tempo reale.

Diversamente dal caso del tram-treno di Zwickau la sede urbana non è dedicata ma in uso promiscuo con le automobili: questa strana configurazione è stata resa possibile grazie ad una strada di larghezza sufficiente a mantenere inalterate le corsie destinate al traffico locale. Differentemente dalla maggior parte delle soluzioni di trasporto collettivo a guida vincolata, la via di corsa della RIVERLINE è situato al margine esterno della carreggiata adiacente al marciapiede. Questa scelta ha permesso la creazione di banchine di fermata integrate con il marciapiede, con un inserimento molto riuscito.

Una cura particolare è stata dedicata ai dettagli costruttivi. La via di corsa è rivestita in masselli autobloccanti mentre a Camden si presenta con finitura in asfalto per consentire il transito degli autoveicoli. Questa soluzione è meno costosa e presenta costi di manutenzione molto bassi. Il traffico pesante su gomma viene però convogliato su corsie apposite in modo da evitare che eventuali ormaiture longitudinali possano creare disallineamenti nelle rotaie. Materiali, forme e colori degli impianti fissi sono in linea con il contesto urbano. Nelle zone industriali sono stati utilizzati mattoni e gres per riprendere le colorazioni e i materiali delle fabbriche "storiche".

Tutte le stazioni sono accessibili alle persone con mobilità ridotta.

NJ TRANSIT effettua un servizio feriale che va dalle 6.00 alle 24.00 e si estende al sabato notte, mentre non effettua servizio la domenica dopo le 15.00. Fuori dall'orario di servizio la linea rimane dedicata al traffico merci CONRAIL: in caso di necessità, urgenza o di eventi eccezionali, l'infrastruttura è aperta ad altri operatori come l'AMTRAK che la utilizza in caso di problemi sulla linea principale.

La frequenza è di un passaggio ogni 30' in ora di punta. I nodi di scambio presso le stazioni di Camden e Trenton consentono le connessioni con la rete PATCO e SEPTA. In particolare la relazione PATCO

Camden-Philadelphia trasporta circa 38mila pax/giorno. Ad ogni stazione esistono capolinea di autobus locali e regionali con parcheggi gratuiti per automobili (circa 3.800 posti totali).

I servizi offerti dal RIVERLINE hanno un impatto sociale estremamente positivo sulle servite. La piccola cittadina di Bordentown, per esempio, la cui popolazione ha raggiunto i 4.000 abitanti utilizza il collegamento come mezzo di collegamento con i turisti che visitano Philadelphia e New York essendo essa stessa una località turistica con testimonianze "storiche" dell'Unione. A seguito dell'apertura del servizio sono state aperte numerose attività di ristorazione e di commercio al dettaglio.

L'effetto di attrazione esercitato dalla linea sulla localizzazione dei negozi e delle imprese stato notevole ovunque lungo le zone servite.



Fig. 13. Veicolo GTW in sosta.

I veicoli in servizio sulla RIVERLINE sono moderni veicoli ferroviari diesel del tipo STADLER GTW 2/6. L'ordine iniziale è stato di 20 convogli. Le loro caratteristiche sono simili a quelle di un veicolo tranviario classico (curva di raggio minimo di 40 m) e le attrezzature sono tipiche dei convogli per il trasporto urbano: grandi vetrate, spazi per biciclette, pianale ribassato per il 66% del veicolo, aria condizionata.



Fig. 14. Segnalamento di linea: particolare di un relé a induzione.

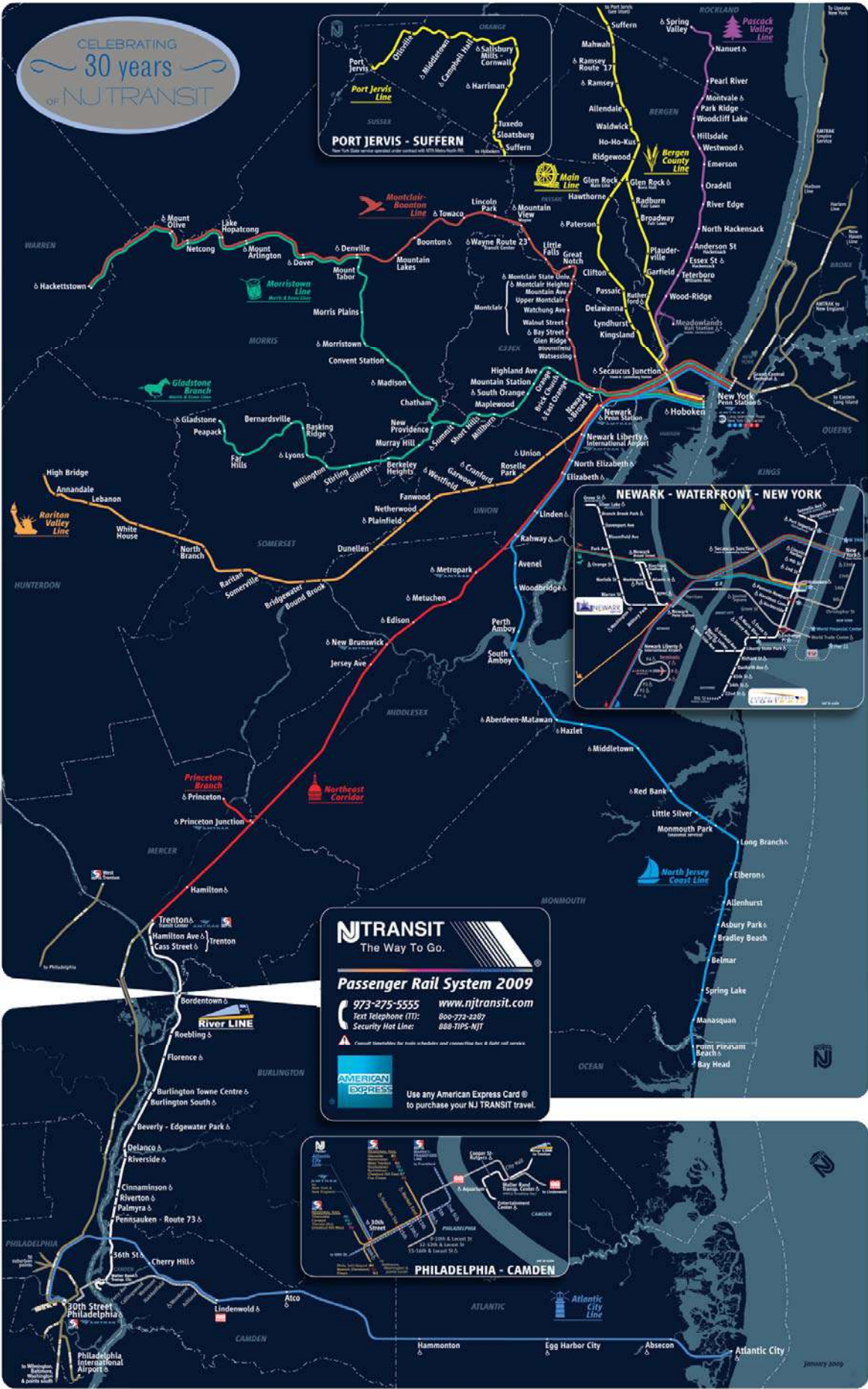






Fig. 15. promozione di servizi aggiuntivi: proposta di servizio per l'utilizzo della RIVERLINE verso la città capitale atlantica dei casinò e dei divertimenti di Atlantic City, intercambiando con la linea ferroviaria presso Lindenwold.

CONCLUSIONI

L'esempio del progetto RIVERLINE dimostra che è possibile utilizzare il treno regionale per creare un servizio di mobilità capace di offrire un mezzo di connessione tra due grandi centri urbani, fornendo al contempo un ottimo servizio di tipo urbano e creando un effetto rete diffuso su tutta la linea.

L'esempio è ancora più significativo se si considera che nessuna delle due città ha collegato in rete alla RIVERLINE dei servizi di TCSP di tipo locale. In questo senso, l'esempio è utile da un punto di vista tecnico per le soluzioni attuate. In questo contesto di isolamento emerge ancora di più il ruolo che il progetto ha avuto sullo sviluppo economico di una regione provata ancora da una segregazione sociale

molto forte, anche se il rapporto costi-benefici potrebbe sembrare sfavorevole a prima vista. In questo senso molte sono le obiezioni alle critiche sulla rendita della linea:

- i costi relativi a misure infrastrutturali (pari a 1 miliardo di €) sono dovuti alle numerose opere d'arte (20 ponti tra stradali e fluviali); stazioni di tipo ferroviario (20); attraversamenti viari (50 tra sottopassi e cavalcavia); creazione di un nuovo tratto di 2 km in sede urbana;
- i costi dei progetti americani è spesso elevato, e in media, più alto di quelli europei del 30-50%;
- non bisogna dimenticare che RIVERLINE ha avuto molti effetti positivi che non sono presi in considerazione nel calcolo dei costi / benefici a breve termine, come l'aumento del valore dei terreni lungo il corridoio, la creazione indotta di nuove imprese, l'aumentata attrattività dell'area in termini di marketing urbano e territoriale; l'aumento dei ricavi connessi alle attività fiscali per i comuni e in particolare la ristrutturazione di molte aree - svolta spesso "in nero" - trascurate per anni da parte della amministrazioni locali.

Anche se i risultati di partecipazione non sono commisurati alle aspettative per un intervento di questo tipo, il successo del RIVERLINE risiede permanentemente nel suo ruolo di leva per la riqualificazione e lo sviluppo di aree socialmente svantaggiate.

Lunghezza: 56+800 km

Numero di stazioni: 20

Costo complessivo: 998 M\$ pari a 768 M€ - 13,5 M€/km

Passeggeri: 5.600 pax/giorno

Operatore: NJ Transit

Proprietario: NJ Transit



Fig. 16. Promozione turistica della città di Bordertown su un veicolo della RIVERLINE: servizio di trasporto e promozione commerciale.

6.5. EUREGIOBAHN (Regione di Aquisgrana, Germania)

L'obiettivo generale del progetto EUREGIOBAHN è quello di collegare le città della regione di Aquisgrana e la provincia olandese del Limburgo, ma fornisce anche interessanti collegamenti le province limitrofe. L'obiettivo è quello di offrire ai cittadini un'alternativa alle auto private in una regione densamente abitata della Germania, dove il tasso di motorizzazione raggiunge il valore di 531 veicoli per 1.000 abitanti.

Aquisgrana è al centro dell'euregione²⁹ Mosa-Reno. È una euroregione creata nel 1976, con status giuridico approvato nel 1991. Si estende su 11.000 km² e conta circa 3,9 milioni di abitanti concentrati sul vasto allineamento urbano di Maastricht-Aachen-Hasselt-Liegi. La sede della regione è in Eupen, Belgio dal 1° gennaio 2007.

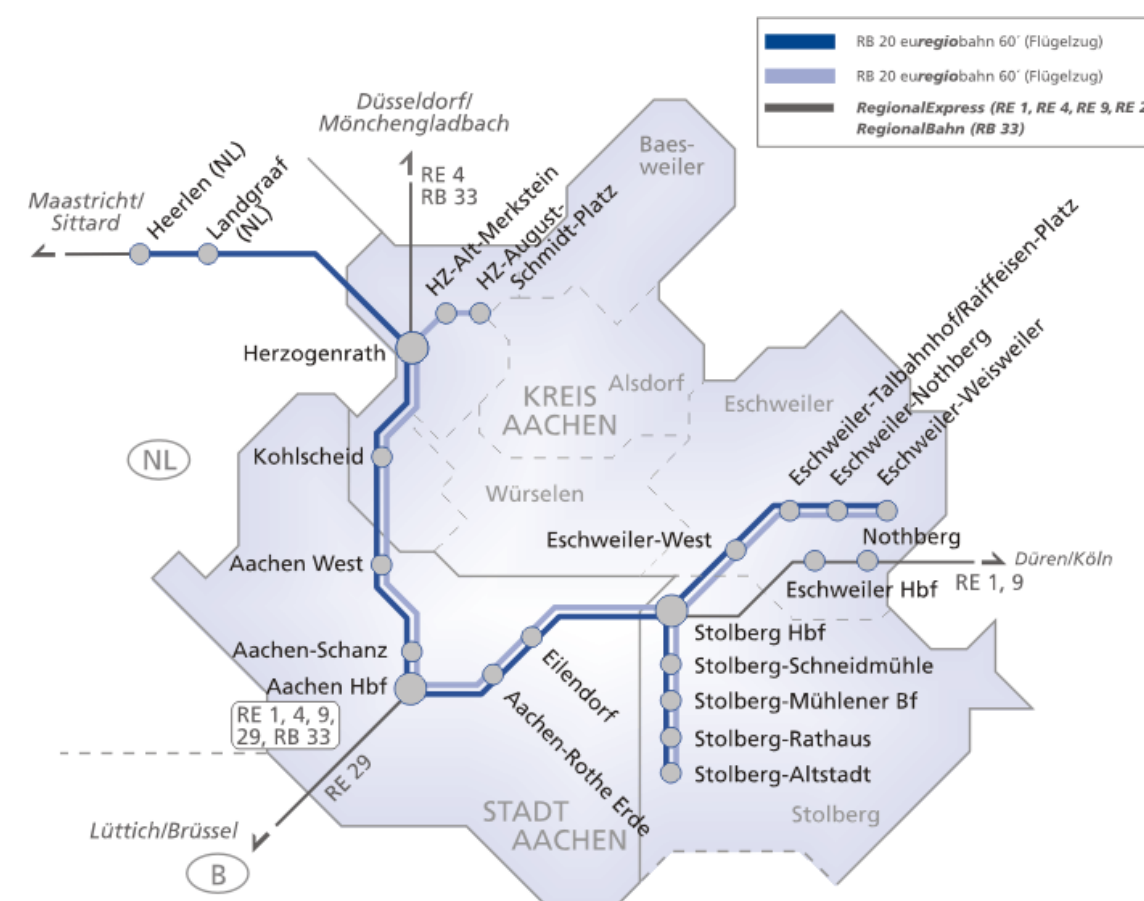


Dopo una prima discussione sulla possibilità di reintrodurre nuove linee di tram nel centro storico della città di Aquisgrana – che, caso raro in Germania, erano state dismesse negli anni Settanta e Ottanta – le amministrazioni municipale e provinciale hanno preferito l'idea di un miglioramento globale della servizio ferroviario esistente, in un contesto di connessioni di tipo metropolitano e provinciale. Per questo sono state aggiunte due nuove tratte:

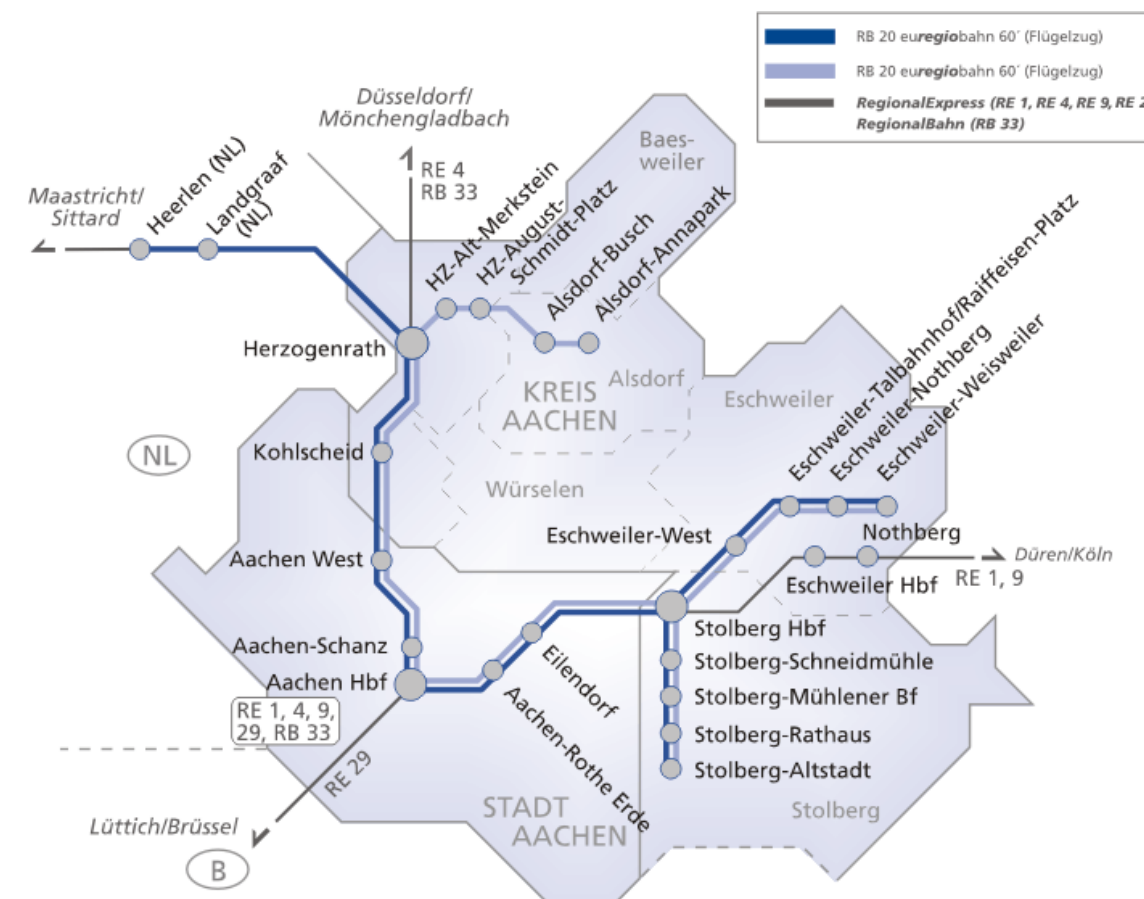
- linea di Heerlen (NL), entrata in servizio nel 2001;
- linea vicinale tra Aquisgrana e la stazione centrale di Stolberg con un prolungamento urbano nel centro di Stolberg su sede tranviaria.

Nel complesso, la rete da Heerlen a Stolberg Altstadt ha una lunghezza di 38,1 km.

²⁹ Nella politica europea, un'Euroregione (Euregio) è una struttura di cooperazione transnazionale fra due o più territori collocati in diversi paesi del Consiglio d'Europa o del continente in genere. Le euroregioni solitamente non corrispondono ad alcuna istituzione legislativa o governativa, non hanno potere politico e il loro operato è limitato alle competenze delle autorità locali e regionali che le costituiscono. Le euroregioni sono solitamente costituite per promuovere interessi comuni che travalicano i confini e per cooperare per il bene comune delle popolazioni di confine. Anche se il termine "euroregione" ha un significato simile, non deve essere confuso con le normali regioni europee.



Schema di rete 2004-2005.



Schema di rete 2005-2006.

die **euregiobahn**

Liniennetz 2008



die **euregio**bahn

Linienetz Endausbau



Il progetto EUREGIOBAHN è interessante perché dimostra come una regione possa riuscire a creare un'offerta di trasporto efficiente e attraente attraverso misure puntuali e interventi ridotti sulle infrastrutture esistenti dedicata al traffico di media distanza, senza investire in una rete di tipo TCSP come tranvia urbana o metropolitana. L'intera regione beneficia dell'effetto rete e i comuni più importanti possono attivare servizi locali aggiungendo tratte o porzioni di ferrovia urbana.



Il progetto è stato approvato nel 1999 e ha portato alla firma di un contratto per la gestione delle ferrovie nella regione di Aquisgrana e di una riorganizzazione dei servizi ferroviari regionali in chiave di integrazione tariffaria. L' EUREGIOBAHN è altresì interessante perché dimostra che l'interoperabilità può estendersi anche oltre i confini nazionali: la rete si estende in due paesi diversi correndo su infrastrutture appartenenti a tre diversi gestori. Le compagnie nazionali tedesche e olandesi hanno avviato un proficuo protocollo di collaborazione in sia i dipendenti di DB che NS Reizigers guidano i veicoli utilizzati sulla rete. Più in generale, possiamo dire che la stretta collaborazione tra tutti gli attori coinvolti (società di mobilità proprietarie delle infrastrutture, gestori del servizio, enti locali) è una delle chiavi del successo di questo progetto. Un concetto che – anticipando i tempi – in questa fase di difficile situazione economica e finanziaria, si è dimostrato vincente.

Il successo nel trend dei passeggeri trasportati ha permesso di mettere in cantiere diversi prolungamenti, attivando una spirale positiva che incrementa il successo dell'iniziativa. La costruzione di tre nuove sottostazioni di alimentazione ha permesso tra l'altro l'estensione del servizio per 15 km verso



Eschweiler, con la creazione di 4 nuove stazioni nel centro urbano di Eschweiler e una nuova stazione alla periferia di Aquisgrana con la riattivazione di un'asta di 3,6 km verso Merkstein.

I lavori hanno riguardato al 70% la riqualificazione di linee ferroviarie esistenti tramite il ripristino della sede, la posa in opera di un nuovo sistema di segnalamento e la creazione di nuove fermate o l'allargamento di quelle esistenti. I lavori sono iniziati nel 2001, cui ha fatto seguito l'apertura della prima tratta funzionale nello stesso anno (settembre).

Il recupero e la riqualificazione della via ferrata di Stolberg è stata accompagnata dalla posa in opera di un tratto di tipo metrotranviario attraverso il centro storico della cittadina. Sono state costruite due fermate urbane, "municipio" e "Stolberg centro". L'uso di un veicolo di tipo ferroviario leggero impone l'altezza della piattaforma di banchina a 76 cm: ma questo non è un problema dal punto di vista dell'integrazione urbana. Le stazioni esistenti hanno dovuto essere adattate con pedane e scivoli. In ogni fermata o stazione è stato installato un sistema informativo per l'utenza particolarmente attraente (tipo mobyTV).

La città di Merkstein è stata collegata al servizio nel 2005, tramite la creazione di due nuove stazioni nel centro della città e l'attivazione di una linea di cintura per l'agglomerato di Aquisgrana. Questa tranche dei lavori è risultata relativamente poco costosa perché buona parte delle infrastrutture era già operativa per il servizio ferroviario provinciale. L'importo lavori è stato sostenuto dalla società di trasporto dell'Euroregione Aachen-Maastricht-Liège (SVE), non avendo la provincia di Aquisgrana fondi a disposizione per l'opera.

Uno dei punti di successo del progetto EUREGIOBAHN è stato l'ottimo inserimento delle stazioni e delle fermate in punti strategici del tessuto sociale e produttivo della regione. Le nuove fermate sono spesso vicino a centri commerciali, promuovendo così l'intermodalità e le connessioni con l'autobus o altri mezzi di trasporto anche in nodi dove sovente la mobilità è quasi esclusivamente affidata al mezzo privato. Quasi tutti i principali nodi della rete sono collegati con una frequenza di un passaggio ogni 30'. Solo la città olandese di Herleen è attualmente servita da un treno ogni ora.

Con l'introduzione del servizio completo sulla rete è stato introdotto un cadenzamento tipo MEMORARIO che consente il riconoscimento mnemonico dei passaggi per ciascuna località, EUREGIOBAHN ha raggiunto livelli di servizio eccellenti.

I veicoli EUREGIOBAHN appartengono alla famiglia dei TALENT BOMBARDIER classe VT 643.2. I convogli sono stati costruiti nel vecchio sito della fabbrica di automobili TALBOT di Aquisgrana per un totale di 26 veicoli ordinati dall'operatore DB Regio AG.

La trazione è ancora una volta di tipo diesel con caratteristiche migliorate per l'utilizzo in aree urbane. I veicoli sono omologati per operare anche su sede urbana non ferroviaria. Viceversa su tratte ferroviarie per garantire l'interoperabilità i convogli rispettano siano le norme ferroviarie tedesche che olandesi.



CONCLUSIONI

La linea Euregiobahn verso Herleen è stato il primo passo di un ampio progetto di rete regionale nella regione di Aquisgrana. Questa rete è stata concepita partendo un elevato livello di cooperazione tra diverse istituzioni: il gestore, le società ferroviarie di due paesi, gli enti locali. Ne è scaturito un alto standard di qualità progettuale e un altrettanto alto livello di interoperabilità.

La costruzione di ulteriori tratte funzionali verso gli altri centri dell'agglomerazione ha dimostrato di essere una strategia vincente nell'offrire un servizio vicino anche alle realtà urbane minori in chiave di scambio modale a favore del ferro e del trasporto pubblico in genere. Come per la RIVERLINE anche nel progetto tedesco si assiste all'inserimento in area urbana (di elevato livello storico come il centro di Aquisgrana) di banchine "alte" – 76 cm dal livello stradale – con risultati inaspettatamente poco impattanti.

Visto il successo del progetto, la municipalità di Aquisgrana ha approvato un progetto di estensione della rete in area urbana con un funzionamento di tipo tram-treno integrato nel servizio EUREGIOBAHN.



Lunghezza: 61,5 km (di cui 9 km in Olanda e 10 a Stolberg)

Numero di stazioni: 20 di cui 11 di nuova costruzione

Carico: 5.500 pax/giorno

Operatore: DB Regio AG

Proprietario: DB Netz AG e SVE a Stolberg (Verkehrsschienenetz euroregione GmbH, soggetto privato)

6.6. S-BAHN DI LUCERNA E STADTBahn DI ZUG (Svizzera)

L'esempio del servizio di ferrovia suburbana (S-Bahn) di Lucerna e della Stadtbahn di Zug è interessante sotto diversi aspetti. Esso dimostra che l'adozione di sistemi ferroviari urbani è possibile anche per aree urbane di medie e piccole dimensioni mantenendo ottimi livelli di esercizio e redditività: con 57.000 abitanti in città e 220.000 nell'area metropolitana e un tasso di motorizzazione di 444 autovetture per 1.000 abitanti, il Cantone di Lucerna è stato in grado di adottare un sistema di ferroviaria S-Bahn e treni provinciali in grado di fornire una proposta di mobilità estremamente attraente e competitiva.

Il distretto di Zug è separato da quello di Lucerna, ma è integrato nella rete S-Bahn da una linea ferroviaria. La città di Zug ha 21.000 abitanti che diventano 97.300 nel distretto, con un tasso di motorizzazione di 577 autovetture per 1.000 abitanti. L'amministrazione regionale di Lucerna non ha esitato ad integrare nel progetto S-Bahn linee con caratteristiche diverse, adottando una gamma di veicoli altrettanto varie in modo da modulare gli obiettivi di qualità alle disponibilità economiche di cassa, continuando a sfruttare a volte i veicoli più vecchi, per adottare poi veicoli nuovi e moderni nelle fasi successive del servizio. A Lucerna, abbiamo un esempio in cui la classica ferrovia diventa moderna, flessibile e estremamente adattabile per rispondere alla domanda di mobilità urbana con prestazioni tipiche delle cosiddette metropolitane leggere.

La rete S-Bahn dell'area di Lucerna e Zug ha iniziato l'esercizio nel dicembre 2004 a seguito di diversi studi e approfondimenti progettuali iniziati con uno Studio di Fattibilità del 1996 e di un voto favorevole della cittadinanza espresso nel referendum di iniziativa popolare tenutosi il 4 marzo 2001.

Il servizio integra in un corpus unico tutti i servizi ferroviari del capoluogo cantonale di Lucerna e di parte della regione di Zug. Proprio a Zug il servizio è chiamato anomalmente Stadtbahn: il sostantivo che nella lingua tedesca indica una tranvia urbana è qui utilizzato per identificare un servizio puramente ferroviario. La cittadina di Zug è servita in particolare da due linee (S1 ed S2) che contano 15 stazioni servite da un passaggio ogni 15'. Le frequenze per Schwyz ed Erstfeld sono invece di 30' e 60'.

Gli effetti territoriali del progetto non si sono fatti attendere: forte ritorno d'immagine per la città – effetto "metropolitana" – con un ritorno evidente in termini di attrattività per la visibilità offerta sia ad uffici di rappresentanza che ad attività commerciali. Il progetto si è dimostrato capace di sostenere e incentivare il trend demografico di crescita (uno dei più sostenuti d'Europa) con prospettive di raddoppio della popolazione residente al 2040 contribuendo a sostenere uno sviluppo economico capace di ridurre sensibilmente il tasso di disoccupazione, mantenendolo tra i più bassi della Confederazione elvetica.

Prima della messa in servizio del servizio sono stati effettuati dei lavori di ristrutturazione e miglioramento per un importo complessivo di 43 M€:

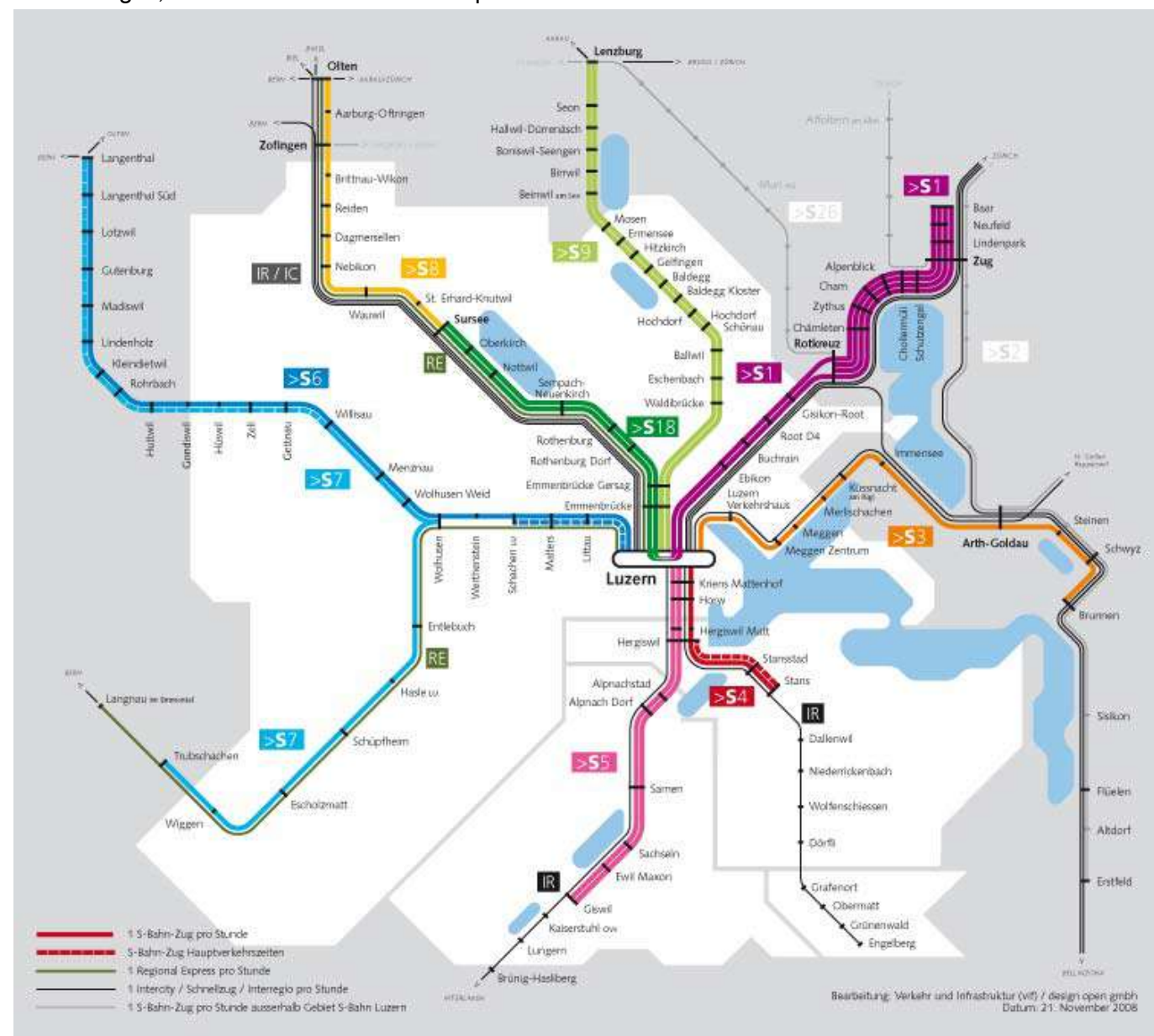
- Riqualificazione di sei stazioni esistenti, con aumento dell'altezza di banchina; creazione di percorsi di accesso per diversabili; costruzione di parcheggi per biciclette e installazione di un sistema informativo per i passeggeri;
- Costruzione di 9 nuove stazioni;



- Miglioramento del sistema di segnalamento esistente per aumentare la capacità di progetto delle linee coinvolte nel progetto S-Bahn e aumentare la velocità di marcia.

Il nuovo servizio non si è limitato però solo alla realizzazione di 15 stazioni ma a una proposta di trasporto completa: è stato completamente cambiata la rete di trasporto su gomma, che ora fa perno su 4 nodi di scambio con la ferrovia dove un sistema dinamico di informazione comunica in tempo reale tempi di attesa e frequenze dei prossimi passaggi.

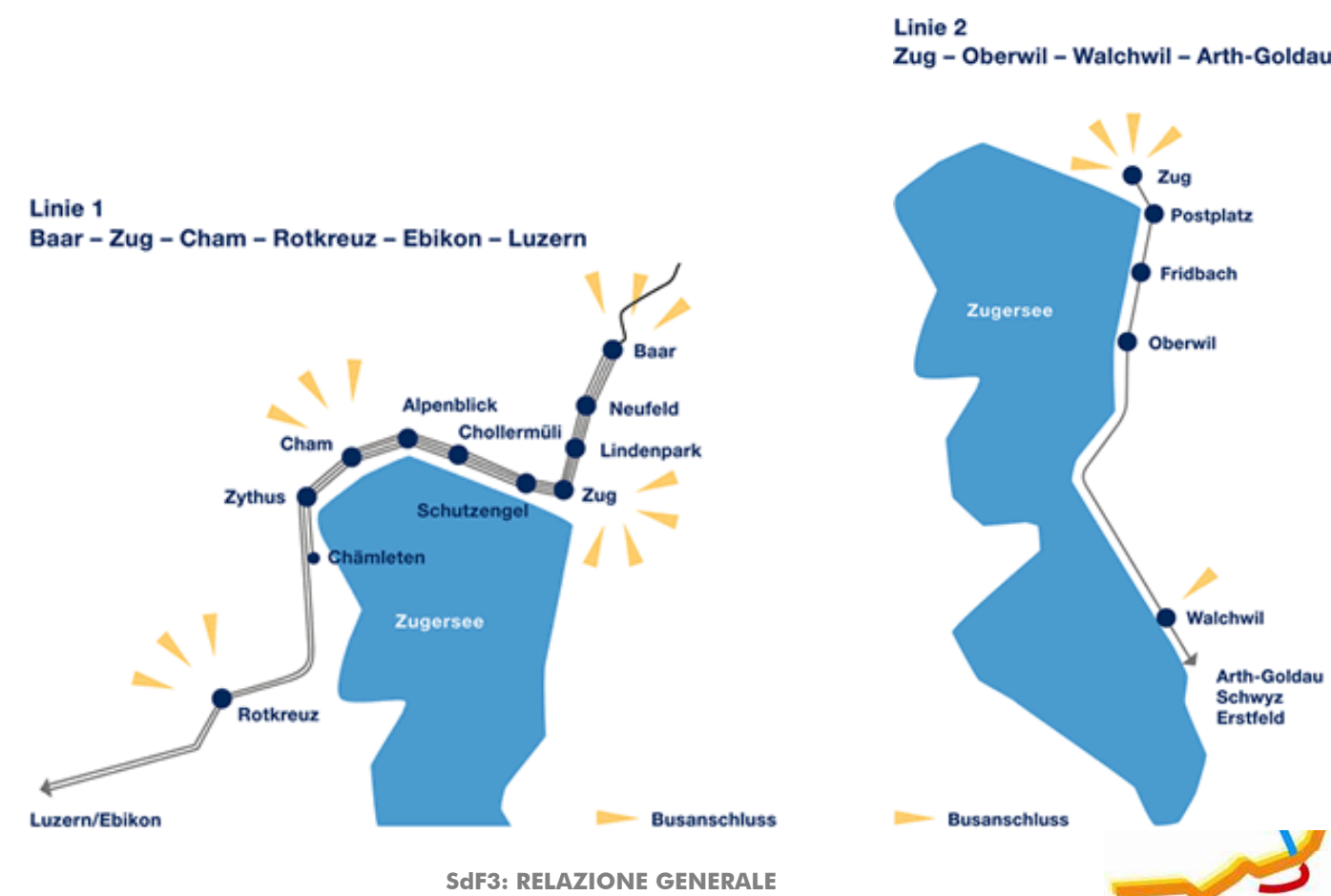
Le Ferrovie Federali Svizzere – che gestiscono il sistema – hanno optato per un servizio ferroviario cadenzato adattato secondo i canoni metrotranviari. Il parco rotabile è composto da veicoli Flirt della società elvetica Stadler sono veloci, confortevoli e dal design moderno. Ciascun convoglio è composto da 4 casse per una capacità di 320 passeggeri. Il pianale è completamente ribassato per tutta la lunghezza del convoglio, con un'altezza di 57 cm dal pdf.



A cinque anni dall'entrata in funzione del servizio l'utenza è aumentata del 130% con punte del 150% nelle zone più periferiche dell'area urbana di Lucerna.



La rete della ferrovia urbana di Zug è parte integrata della S-Bahn di Lucerna. È composta da due linee di cui la S1 è già operativa mentre la S2 lo sarà a partire dal 2010. A sinistra un dettaglio dei lavori di raddoppio eseguiti lungo il tracciato della S1 finalizzati al mantenimento di un cadenzamento di mezz'ora anche a seguito del cospicuo aumento del traffico internazionale verso il San Gottardo.



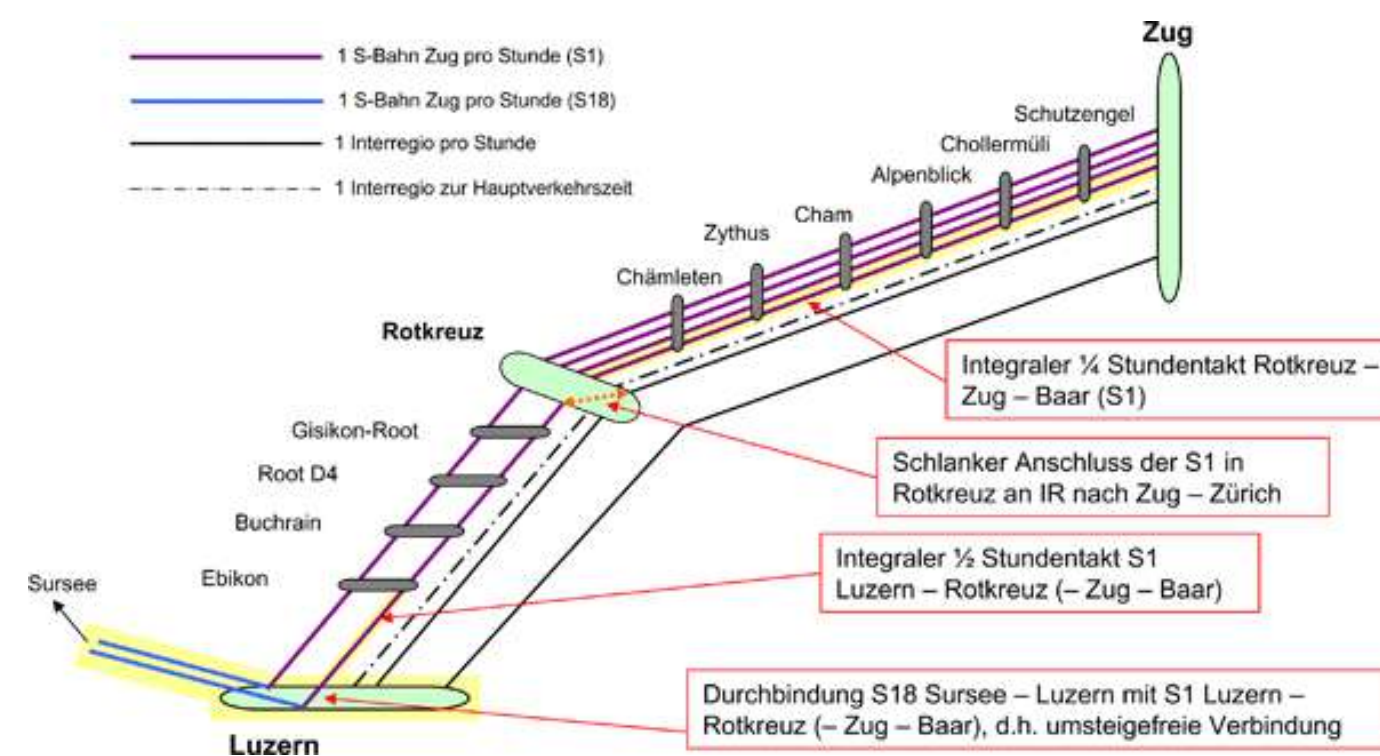
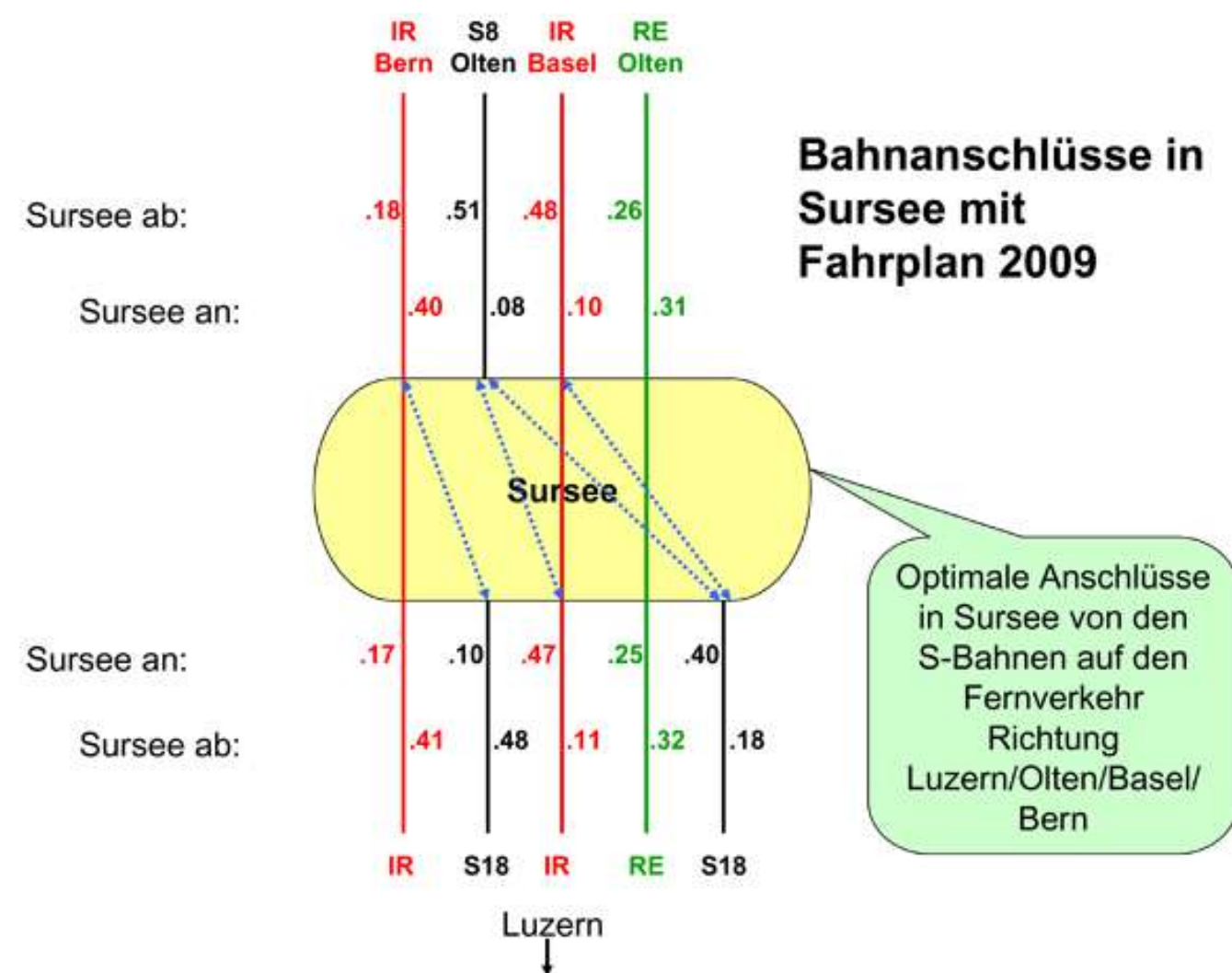
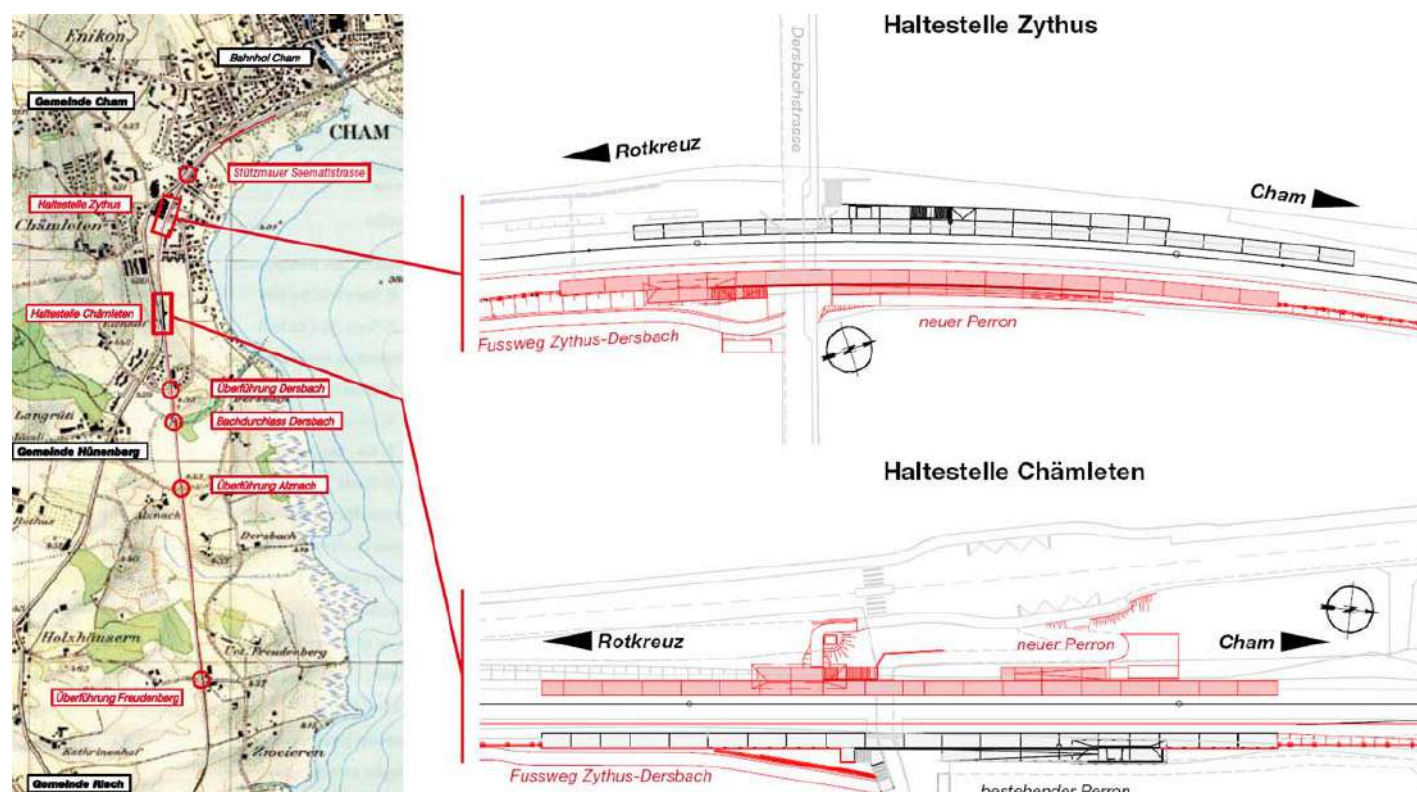


Fig. 17. Gestione del servizio suburbano in promiscuo con i servizi intercity e internazionali.



SEETALBAHN - UN CASO SPECIALE DELLA S-BAHN

Il caso della linea ferroviaria della valle del See (linea S9 della rete) è un caso nel caso, perché indicativo della flessibilità del sistema nelle zone meno abitate.

La valle, che si estende da Lucerna a Lenzburg, è servita da un servizio ferroviario dedicato sin dal 1883. La via di corsa corre in uno spazio esiguo tra la principale strada di collegamento e gli edifici residenziali: la vicinanza con strade e abitazioni moltiplica gli attraversamenti autorizzati e non aumentando il rischio di eventi accidentali. Dagli anni Sessanta molte ipotesi si sono succedute per la messa in sicurezza del servizio senza però risolvere in maniera soddisfacente la questione. La mancanza di fondi adeguati impedisce di procedere con la messa in sicurezza completa della linea con la costruzione di pochi passaggi a livello telecontrollati e la protezione completa della linea con recinzioni di margine.



I nuovi veicoli offerti dal mercato permettono di adottare sagome ridotte e quindi allontanare la via di corsa dalla strada: la possibilità di percorrere curve di raggio tranviario permette poi di ridurre ulteriormente il franco dalla strada nelle sezioni più pericolose.

Nel febbraio 2000 il Consiglio di Stato approva la sospensione del servizio sulla linea per procedere al progetto di ristrutturazione completo delle misure di messa in sicurezza necessarie. Il risanamento della via di corsa viene effettuato in due fasi. Le prime misure di emergenza consistono nella protezione dei punti usati in maniera illegale per l'attraversamento (per la maggior parte accessi privati) e l'eliminazione dei passaggi non necessari. La seconda serie di misure ha come obiettivo la possibilità di operare con velocità limitate a 40 km/h in caso di richiesta esplicita da parte dei singoli comuni. Nel dettaglio le opere hanno riguardato:

- La creazione di passaggi a livello;

- L'aumento della velocità a 80 km/h;
- La creazione di un posto di controllo centralizzato presso la stazione di Lucerna;
- Aggiunta di attrezzature igienico/sanitarie e dei sistemi di informazione necessari;
- Lavori di riqualificazione e allargamento della stazione di Lenzburg per la posa di un binario ad uso esclusivo del servizio;
- Inserimento di nuove fermate.

Nel complesso, su una linea con uno sviluppo totale di 47 km con 17 fermate e più di 300 passaggi a livello, i costi per le misure di potenziamento e riqualificazione sono stati di 130 M€ (circa 2,8 M€/km).



Il servizio avviene con uno schema tipo MEMORARIO di riconoscimento mnemonico dei passaggi. Le frequenze medie sono di 25-30'.

Una delle sfide maggiori per il progetto è stata l'adozione di un materiale ferroviario flessibile come un tram. L'azienda ferroviaria SFF ha lanciato una gara internazionale per l'acquisto di veicoli nel maggio

1999. La scelta è caduta su un veicolo articolato a tre casse (GTW 2 / 8) della società-Stadler Bussnang Fahrzeuge AG. 17 veicoli sono stati messi in servizio nel 2002.

I veicoli della serie GTW 2/8 sono di tipo ferroviario leggero e a parità di potenza di trazione di un comune convoglio ferroviario offrono un risparmio energetico del 40%. Il gruppo di trazione e le parti di trasmissione del moto sono compattate e inserite al di sotto del pianale delle casse centrali: questo facilita le operazioni di manutenzione e riduce in maniera sostanziale la rumorosità media nel vano passeggeri.



I nuovi veicoli hanno una larghezza di 2,65 m, tipica proprio dei convogli tranviari e si discosta dalla normale sagoma dei veicoli ferroviari, la cui larghezza varia da 2,90 a 3,10 m. I raggi di curvatura sono di 100 m in luoghi dei 180-220 dei treni e dei 25-30 dei convogli tranviari di ultima generazione.

Non sono stati adottati veicoli tipo tram-treno (con una resistenza laterale inferiore) perché la loro circolazione sulla rete ferroviaria avrebbe richiesto un'ulteriore autorizzazione, con tempi molto lunghi per l'omologazione dato che sarebbe stato il primo caso elvetico. Il materiale scelto mantiene quindi tutti i criteri di sicurezza atti a garantire l'omologazione per la marcia ferroviaria, pur avendo le caratteristiche tipiche dei veicoli ferrotranviari.

Con la scelta di questi nuovi veicoli, i costi di manutenzione sono stati ridotti: questo rappresenta un evidente vantaggio per il bilancio dei costi di esercizio sostenuto dal Governo Federale e dai Cantoni, tramite le tasse sul trasporto regionale.

CONCLUSIONI

Gli sviluppi recenti nell'offerta commerciale per la mobilità in area urbana hanno fornito lo spunto per offrire agli abitanti delle regioni di Lucerna e Zug un servizio efficiente e confortevole, sia per la mobilità tra i poli produttivi e sociali della regione, ma anche per gli spostamenti all'interno delle aree urbane.

La scelta del miglioramento della qualità del trasporto ferroviario, lungi dall'aver luogo con sistemi e soluzioni rigidi e poco adattabili anche in contesti caratterizzati dalla presenza di infrastrutture ferroviarie molto diverse tra loro e con differenti stadi manutentivi.

A causa della relativa autonomia dei cantoni e il loro ruolo nei servizi di trasporto, l'esempio dimostra non solo la flessibilità in termini di soluzioni tecniche adeguate al contesto locale e agli obiettivi, ma anche il ruolo di protagonista che può svolgere il treno in un processo di sviluppo e integrazione di una comunità locale. Infine, l'esempio dimostra che le soluzioni tipo S-Bahn possono essere adottate anche in contesti con una media dimensione urbana. La città di Zug, con 21mila residenti e un distretto di 100.000, è servita da ben due linee ferroviarie. L'Amministrazione non ha esitato a intraprendere un'operazione di costruzione di un'offerta di tipo "metropolitano" pur sapendo che avrebbe richiesto uno sforzo notevole (costruzione di 9 nuove fermate, modernizzazione della flotta). Malgrado le dimensioni esigue, partecipando ad un progetto di ampio respiro che le ha permesso di essere collegata ad una città significativa come Lucerna e ad un centro urbano snodo delle comunicazioni tra l'Italia e la Germania (Arth-Goldau) ha aumentato la propria attrattività e competitività di sistema urbano raggiungendo i livelli di centri con una popolazione 4 o 5 volte maggiore. Questo esempio riporta alla mente il caso di Bretten nella regione di Karlsruhe, che ha fatto scuola, con una popolazione di appena 20.000 abitanti e aspirazioni metropolitane di tutto rispetto. In quel caso l'azione locale è stata accompagnata dalla creazione di 5 nuove fermate (per un totale di 7 nel territorio comunale) per allacciarsi alla rete di Karlsruhe, creando una piccola rete urbana di tram-treno e raggiungendo livelli di ripartizione sul trasporto pubblico pari al 70%.

RETE DI ZUG

Lunghezza: 87 km

Numero di stazioni: 15

Importo lavori: 43 M€ (495mila €/km)

Operatore: FFS SA

Proprietario: FFS SA

LINEA SEETALBAHN

Lunghezza: 47 km

Numero di stazioni: 17

Importo lavori: 130 M€ (2,8 Me/km)

Operatore: FFS SA

Proprietario: FFS SA



6.7. VOGTLANDBAHN (Regione di Zwickau-Plauen, Germania)

UNA RETE REGIONALE DI FRONTIERA

La Vogtland è una regione della Sassonia, al confine con la Repubblica ceca. Questa area è caratterizzata da splendidi paesaggi, boschi, laghi e suggestive vallate ma anche da uno stile di vita tipicamente mitteleuropeo unito a tradizioni e folklore estremamente particolari. È un luogo prediletto dai turisti, ma anche dagli escursionisti e gli appassionati di mountaint bike. I residenti sono circa 228mila con un tasso di motorizzazione pari a 598 autovetture per 1.000 abitanti. Questa zona è servita da distinte linee ferroviarie che formano una rete, la cui lunghezza totale raggiunge i 640 km. Tra le tratte principali:

Gera – Waisovitz, collegamento per la Turingia;

Schleiz West – Plauen, collegamento per la Turingia;

Zwickau - Kralice linea di 73 km per la frontiera con la Repubblica Ceca, l'entrata in servizio nel 2000;

Zwickau - Mariánské Lázně (- Markreuth), linea per la nota località termale della Repubblica Ceca;

Hof - Ravensburg di Baviera, linea situata interamente in Baviera

La rete non ha solo carattere locale ma, come si può vedere, uno spiccato carattere interregionale, in quanto permette il collegamento dei principali centri di questa regione della Germania e si estende alla Turingia, alla Baviera e alla Repubblica Ceca. La rete è gestita dalla società privata della VOGTLANDBAHN con servizio basato su rotabili diesel REGIOSPRINTER (18 veicoli) o Desiro (24 veicoli) della Siemens DUEWAG.

Nel 2004 è stata fondata la Società di Trasporto del Vogtland che ha assunto i compiti di autorità regionale dei trasporti e della promozione turistica non solo del Vogtland ma anche di coordinamento delle reti transfrontaliere EgroNet del circondario di Böhmen, in Baviera, Turingia e Sassonia. La società il cui obiettivo è, tra l'altro, a promuovere l'integrazione e la diffusione della mobilità pubblica, è responsabile delle tariffe, del coordinamento degli orari dei vari vettori di trasporto, tram, autobus e treni, ma ha anche funzione di pianificazione commerciale e promozione turistica.

Questa multidisciplinarietà ha facilitato l'adozione di politiche della mobilità estremamente innovative, come la possibilità di acquistare i titoli di viaggi con il cellulare sin dal 2003.

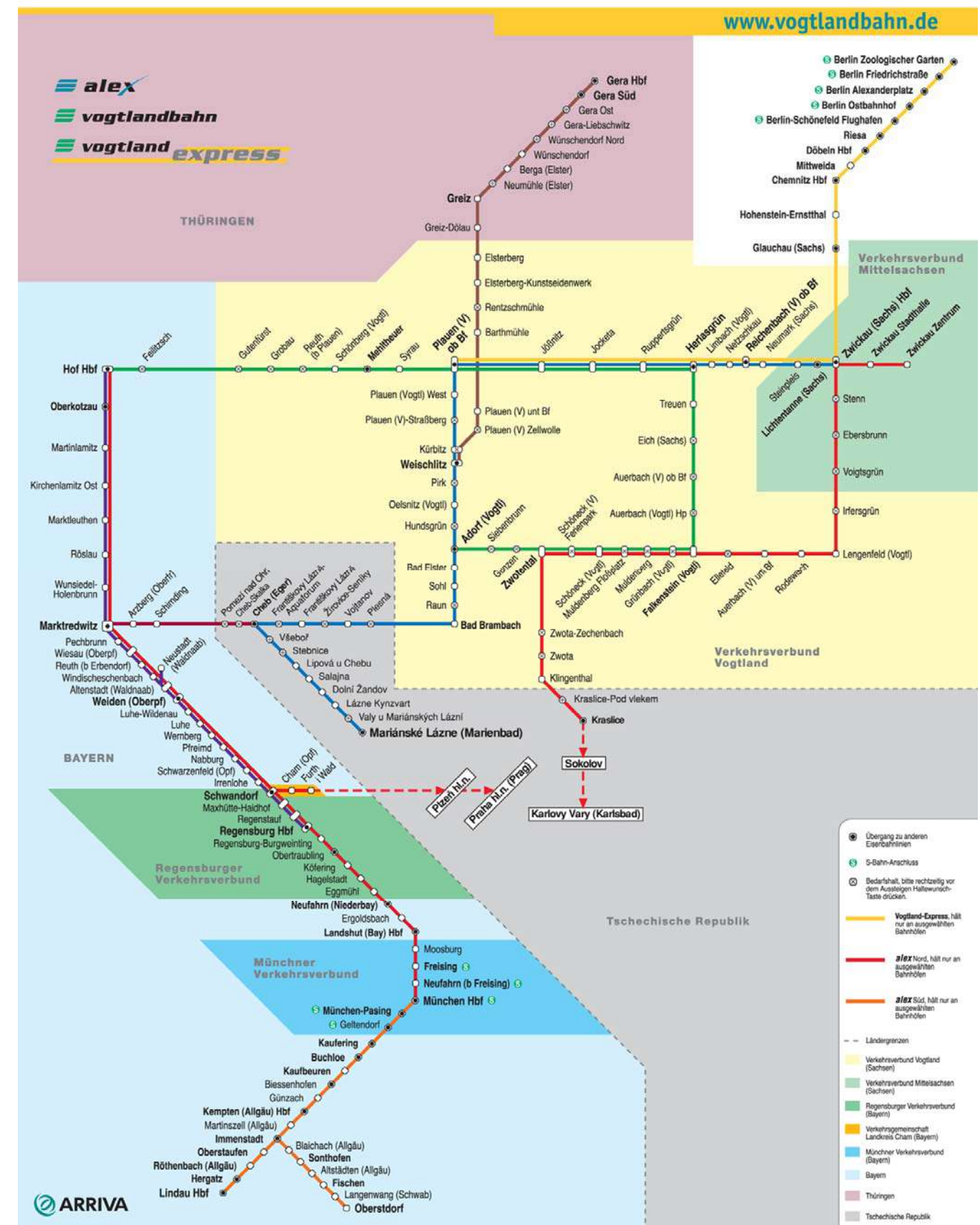
Nel 2002, la ferrovia del Vogtland ha trasportato oltre 11.300pax/giorno sull'intera rete. L'utenza tra Zwickau e Klingenthal è aumentata da 900 a 2400 pax/giorno in soli tre anni.

IL PRIMO TRAM-TRENO

La posizione della città del capoluogo regionale di Zwickau - con una popolazione di 107.400 abitanti, il suo ruolo di finestra commerciale e promozionale sulla regione, il vasto bacino di utenza potenziale e la presenza di un tessuto industriale ancora in attivo ha condotto ad una rilettura del trasporto pubblico locale per fornire al capoluogo un servizio di trasporto veloce, competitivo e attraente.

Linienplan

Stand: Dezember 2008



Nel frattempo, l'amministrazione di Zwickau, che già possedeva una linea tranviaria aveva approvato l'ipotesi di prolungare la linea esistente verso la parte sud della città e in la zona residenziale di Planitzer, in cui erano previsti diversi comparti edificatori. Inoltre, la città si trovava ancora ad affrontare un problema strutturale: la posizione della stazione fuori dal centro urbano a più di venti minuti a piedi, e le conseguenti rotture di carico per la mobilità pubblica autobus/ferrovia/trasporto privato.

Invece di apportare soluzioni in via separata, municipalità e regione hanno unito i propri sforzi per concertare un'azione forte e condivisa in grado di rivoluzionare la mobilità di Zwickau: inserimento del treno sulla via di corsa tranviaria, utilizzando la sede in comune con il tram!



Fig. 18. Una vettura diesel della Vogtlandbahn "RegioSprinter" nel centro di Zwickau.

Questa nuova idea ha già trovato un nome: il treno-tram. Ancora una volta, come nel caso statunitense della RIVERLINE, il concetto del tram-treno viene ribaltato: un veicolo ferroviario omologato a proseguire la marcia su piattaforma urbana. La rete urbana della città di Zwickau è a scartamento metrico, il che rende l'interconnessione con le infrastrutture ferroviarie ordinarie impossibile. Attraverso l'uso di un vecchio raccordo industriale e la costruzione di un tratto a tre rotaie per uno sviluppo di circa 1.000 metri, è stato possibile portare i veicoli diesel di tipo REGIOSPRINTER nel centro della città e offrendo un collegamento diretto tra la regione, la periferia e il centro città.

L'azione progettuale si è quindi concentrata prevalentemente sulla modifica della sede tranviaria tramite aggiunta di una rotaia esterna in modo da permettere sia il transito dei veicoli con scartamento ordinario a 1.435 mm sia di quelli tranviari a scartamento metrico. Questa soluzione è stata molto più economica della costruzione di una via di corsa nuova ed ha permesso l'ingresso dei treni direttamente nel centro urbano.

Al progetto è stato riconosciuto lo status di "progetto pilot" dal Land della Sassonia che ne ha quindi predisposto il finanziamento al 100% per un importo pari a 45,5 M€.

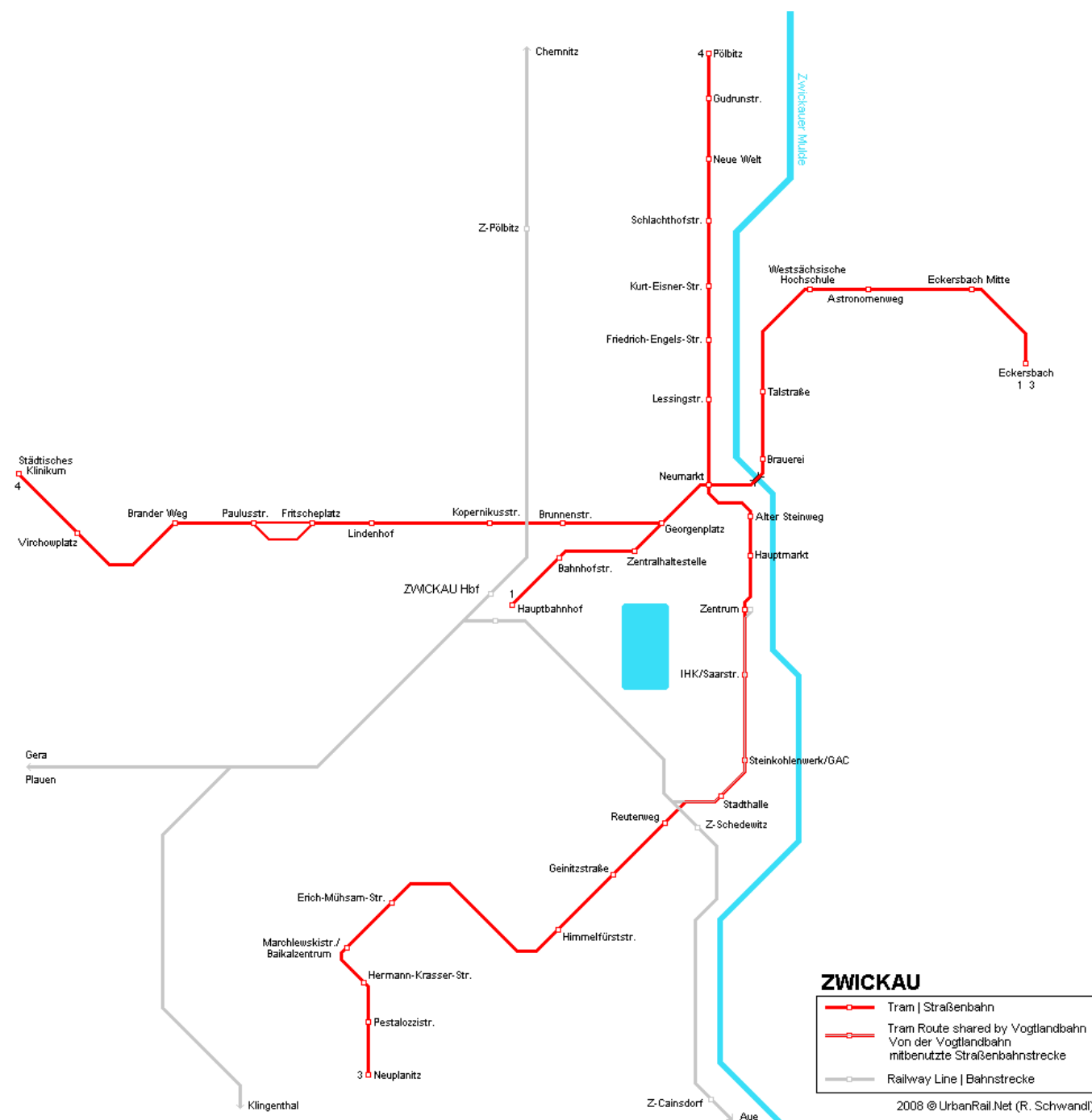


Fig. 19. Un veicolo RegioSprinter in un'area boscata presso la fermata di Schöneck Ferienpark.

L'allacciamento alla rete ferroviaria regionale è stato risolto grazie alla ristrutturazione di un vecchio raccordo merci, appositamente ristrutturato nella sede e nel segnalamento.

Le finiture adottate per la linea e le stazioni sono legate al particolare aspetto barocco del centro urbano di Zwickau. La piattaforma è stata completata con masselli autobloccati o inerbimento. In entrambi i casi si presenta su materassino flottante per ridurre le emissioni acustico-vibrazionali. Le alberature al margine limitano l'impatto visivo dell'opera conferendogli un aspetto da boulevard.

L'inserimento della piattaforma ha permesso di ridurre gli accessi alle automobili al centro storico e la creazione di numerose "zone 30".



L'estensione della VOGLANDTBAHN nel centro della città, con la creazione di una nuova linea di tram, è stata accompagnata da numerose nuove fermate. Il problema dell'accessibilità per veicoli con caratteristiche diverse è stato risolto con piattaforme separate da quelle dei tram ordinari, per via delle altezze differenti. In tutto sono 4 le fermate tranviarie costruite ex-novo: la piattaforma tranviaria ordinaria presenza un marciapiede di 20 cm di altezza. Due di queste stazioni sono servite da veicoli ferroviari REGIOSPRINTER su apposite piattaforme separate con un'altezza di 450 mm.

Tre stazioni sono state oggetto di appositi concorsi di progettazione. In particolare, il tetto della stazione di "Zwickau centro", il capolinea del tram-treno, è stato realizzato da un architetto che ha optato per una struttura in acciaio e vetro, che evoca la porta di accesso alla città, simboleggiando il legame tra

tradizione e modernità. Numerose attività commerciali e di ristorazione ne fanno il nuovo cuore pulsante della città anche nottetempo.

Servizio tranviario e ferrotranviario non entrano in competizione: uno distribuisce i flussi all'interno dell'area urbana in maniera capillare mentre l'altro permette ai collegamenti con il resto della regione di entrare direttamente nel cuore della città. Anzi, deve essere considerato come la sovrapposizione di una offerta di trasporto urbano e regionale, su un tratto comune che favorisce efficacemente la complementarità e l'intermodalità.

Il materiale rotabile adottato per la VOGLANDTBAHN è costituito da veicoli ferroviari leggeri a trazione diesel - bidirezionali - tipo SIEMENS-DUEWAG tipo VT-39 VT 48. A causa del coefficiente di frenata e dello spunto in accelerazione sono stati REGIOSPRINTER. Questi veicoli sono gli stessi di quelli di quelli in servizio sulla RURTALBAHN (cfr. descrizione della RURTALBAHN).

Per essere omologati alla rete tranviaria i veicoli ferrotranviari sono dotati di servizi aggiuntivi come il meccanismo di frenatura d'emergenza e la possibilità di attivare gli elementi di segnalamento urbano. Le loro prestazioni sono identiche a quelle dei tram. Esse soddisfano completamente le norme di sicurezza e dei requisiti di segnalazione per il traffico su reti urbane e si spostano con una velocità di 40 km / h sulle sezioni miste, e fino a 100 km / h in ferrovia ordinaria.

Una piattaforma estraibile consente l'accesso delle carrozzine, riempiendo lo spazio tra il bordo della banchina e il bordo del veicolo.

CONCLUSIONI

L'adozione del tram-treno è legata a una situazione particolarmente favorevole: un operatore ferroviario privato, una rete di tram esistente di cui è prevista l'estensione, una stazione ferroviaria centrale esterna al centro cittadina, una struttura regionale multipolare e istituzioni favorevoli al trasporto ferroviario. L'esempio ha un interesse tecnico per le soluzioni che sono emerse in un contesto complesso di piena interoperabilità. L'idea sviluppata a Zwickau può adattarsi ad altre città, con una scelta di materiale rotabile che può essere diversa e non legata ai REGIOSPRINTER. Oltre a queste caratteristiche, il progetto dimostra che effettivamente è possibile portare dei treni nel centro delle città su sezioni non ferroviarie e di beneficiare di un accesso diretto dalla rete regionale con un viaggio senza rotture di carico, attraente e rapido. La possibilità di evitare le onerose e imponenti infrastrutture ferroviarie classiche consente soluzioni di inserimento nel contesto urbano particolarmente seducenti. È bene ricordare l'importanza della cooperazione tra soggetti territoriali diversi e l'importanza di visioni e strategie di lungo termine.

Operatore: Vogtlandbahn

Proprietario: Ferrovie tedesche DB Netz per la rete ferroviaria e municipalità di Zwickau per la rete urbana





È difficile fornire dati di frequenza per l'intera rete o per le due stazioni del ferrotranviarie urbane. Tuttavia, è certo che il successo o no in termini di utenza della rete urbana e regionale, non può essere attribuito esclusivamente alle due nuove stazioni create nel centro della città.

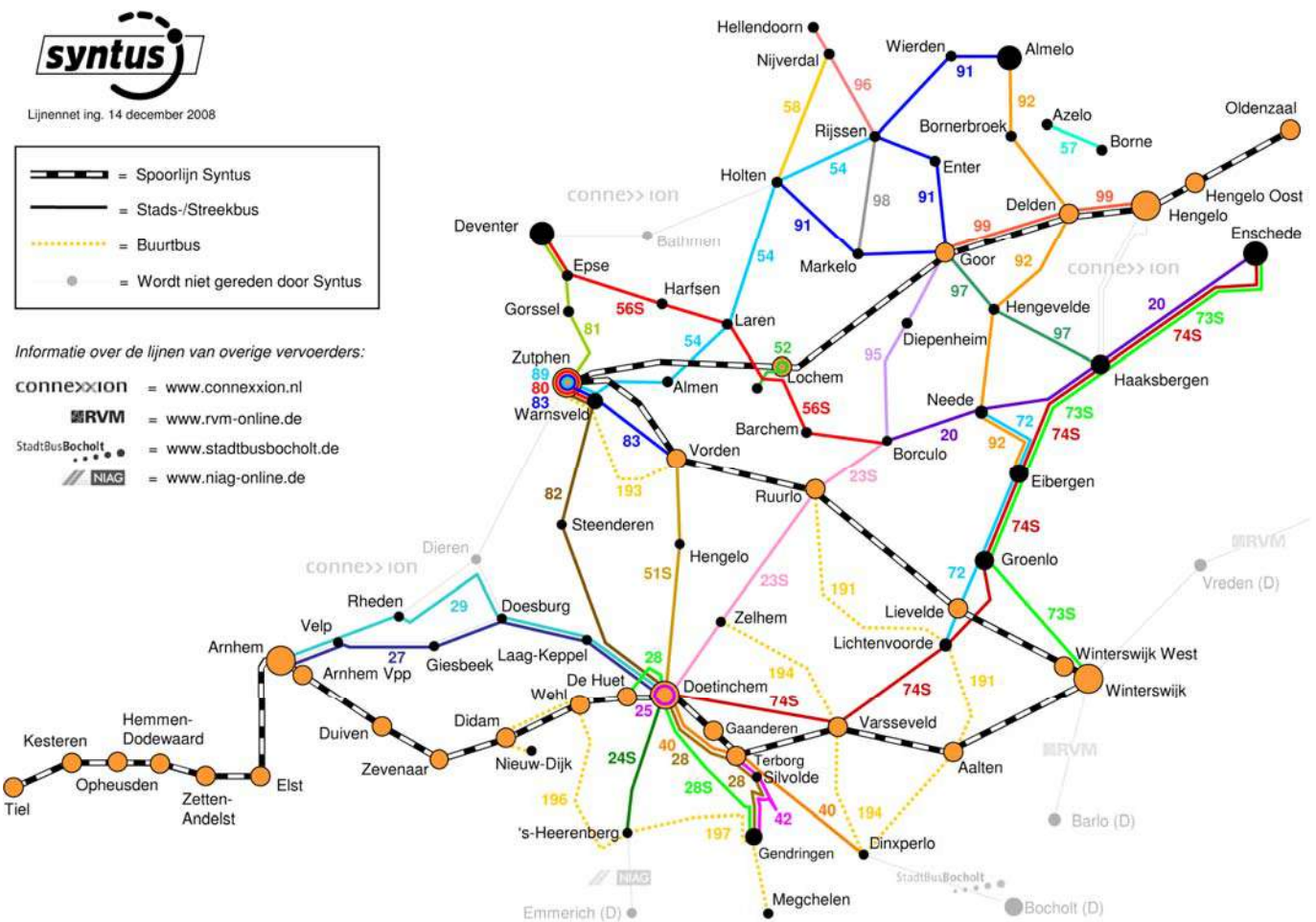


Fig. 20. Un veicolo DESIRO presso la stazione ferroviaria di Marktredwitz.



6.8. SYNTUS (Regione di Achterhoek, Olanda)

Achterhoek è una regione di 350.000 abitanti situata nella parte orientale dei Paesi Bassi, al confine con la Germania. La regione, in gran parte rurale, ha una densità di 340 abitanti per km²: il tessuto urbano è caratterizzata da una maglia formata da piccoli e medi centri urbani con una notevole dispersione. Le città più grandi sono Winterswijk, Zutphen e Doetinchem, la più grande, con circa 56.000 abitanti. I centri maggiori si trovano nella parte occidentale della regione, a ridosso del grande agglomerato urbano di Arnhem e Nimega. Il trend demografico è caratterizzato da una moderata crescita sviluppata nel corso degli ultimi dieci anni. A parte la presenza di un reticolo idrografico estremamente articolato, lo sviluppo delle reti di trasporto non è ostacolato da alcun vincolo morfologico essendo la regione completamente pianeggiante. Con una rilevante percentuale di addetti nell'industria pesante (5%), l'industria rimane il settore produttivo principale della regione, impiegando oltre il 18% della forza lavoro. Il tasso di disoccupazione rientra nella media nazionale. Come per molte regioni d'Europa, è in atto una redistribuzione dei flussi pendolari con un riflusso verso le aree più periferiche. A differenza del caso della ferrovia della di Schönbuch, dove gli spostamenti casa-lavoro interessano uniformemente il bacino di studio, la struttura della domanda di trasporto nella regione di Achterhoek è omogeneamente dispersa su tutta la regione.



Il centro della regione è accessibile da quasi tutti i centroidi in mezz'ora di automobile. La motorizzazione della provincia di Gelderland ha raggiunto il valore di 433 veicoli per ogni 1.000 abitanti nel 2003. PIL pro capite è di 21.000 € a persona nel 2002 (*fonte: Istituto di Statistica Paesi Bassi*).

La regione - divisa in 17 unità amministrative - è responsabile per le politiche della mobilità e la programmazione economica. Anche se è la Provincia a gestire l'Autorità per il Trasporto Pubblico – e ad essa spetta la pianificazione del trasporto collettivo – il lavoro di pianificazione si svolge in piena collaborazione con la Regione che rimane il referente ultimo in materia di programmazione e pianificazione anche per gli Enti locali.



Il Piano Regionale della Mobilità nel 2002 ha individuato quattro azioni principali: aumento della sicurezza; miglioramento dell'offerta; costruzione di nuove infrastrutture di TCSP; sistema di tariffazione unificato. Circa la sicurezza s'intende una migliore ripartizione modale degli spostamenti essendo la mobilità privata su strada quella a maggiore lesività e mortalità anche se su tale politica pesa anche l'azione a livello locale delle singole amministrazioni comunali. Con miglioramento dell'offerta si intendono invece tutta una serie di azioni atte a valorizzare e incentivare l'utilizzo delle infrastrutture esistenti, dalle ciclovie alle linee ferroviarie. La politica della mobilità avviata dalla regione di Achterhoek è interessante nella sua interezza per l'essere costantemente orientata ad unico fine, quello della diminuzione della congestione, ma coinvolgendo costantemente ad ogni passo dell'iter decisionale e realizzativi tutti i campi della pianificazione e tutti gli strumenti possibili per arrivare ad una proposta globale con il maggiore livello di condivisione possibile.

Per quanto concerne l'azione mirata al trasporto su ferro la Regione ha approvato la riqualificazione delle linee esistenti e l'acquisto di nuovo materiale rotabile di forte impatto per restituire l'idea del rinnovamento pur mantenendo grosso modo le infrastrutture esistenti (di tutto rispetto per il bacino servito). Su tutte le linee urbane e rurali è stato imposto almeno il raddoppio delle frequenze nel breve termine.

Le misure proposte hanno riguardato una serie di interventi mirati ad aumentare la capacità delle linee esistenti in termini di velocità e frequenza dei passaggi. L'importo degli investimenti è stato di 17 M€. La regione è servita in tutto da quattro linee non elettrificate:

Arnhem - Winterswijk;
Zutphen - Winterswijk;
Zutphen - Oldenzaal;
Tiel - Arnhem;



Le frequenze sono di 30' di morbida e 15' in ora di punta. La rete su gomma è stata completamente ristrutturata per ridefinire il servizio in modo da garantire la completa interoperabilità in termini di percorsi e orari con il nuovo servizio ferroviario. Un treno ogni mezz'ora durante il normale e quattro treni ogni ora durante i periodi di punta. La gestione di entrambe le reti è stata affidata alla società SYNTUS: persino i conducenti sono stati addestrati alla conduzione sia dei veicoli ferroviari che degli autobus in modo da rendere il servizio fluido ed elastico senza possibili carenze di personale in situazioni di carico elevato.

I servizi di collegamento tra i principali centri regionali hanno in genere frequenze di 30' mentre gli altri presentano frequenze orarie. L'orario di servizio è 06.00-23.00, tutti i giorni.

Un notevole successo ha avuto il servizio di minibus a chiamata con prenotazione anticipata sino a 30 minuti: l'interscambio avviene sempre alle stazioni ferroviarie. questa misura ha esteso l'accesso al servizio praticamente a tutta l'area provinciale.

Queste misure hanno portato al raddoppio delle frequenze di autobus e treni, con 15,1 milioni di passeggeri trasportati nel 2008.

Come già anticipato la misura più evidente del nuovo corso per la mobilità nella regione Achterhoek è stata l'acquisto di nuovo materiale rotabile per il servizio ferroviario e il trasporto su gomma.

La provincia ha finanziato con 46 M€ l'acquisto di nuovi treni e 4,4 M€ i nuovi autobus. Il nuovo materiale rotabile ha completamente sostituito le vecchie motrici sulle linee Zutphen-Winterswijk e Winterswijk-Doetinchem precedentemente gestite dalle Ferrovie Olandesi NS.

I veicoli della SYNTUS sono i modelli Lint-41 / H della società Alstom LHB. Il parco rotabili al 2008 ammontava a 24 unità.

Il Lint-41/H è un veicolo ferroviario bidirezionale a doppia cassa con un'altezza di incarrozzamento di 78 cm dal pdf (81 cm in dal piano di campagna). Il servizio fornito è nettamente superiore a quello dei tradizionali rotabili ferroviari con spunti in accelerazione tipici dei convogli metrotranviari che consentono di raggiungere agevolmente i 120 km/h. Aria condizionata, spazi per biciclette e carrozzine, porte automatiche e altri servizi minori come le prese per PC rendono il salto di qualità del viaggio ancora più evidente. La prima consegna è stata di 8 veicoli nel mese di ottobre 2002.

CONCLUSIONI

L'interesse del progetto di rinnovamento ferroviario della rete esistente nella regione olandese di Achterhoek è nel successo di una politica di trasporto pubblico "globale". Le misure sono sostenute da modesti investimenti essendo più dirette a creare un sistema che a finanziare singole opere d'arte. La quota modale del trasporto pubblico è del 52%, caso sorprendente in una regione prevalentemente rurale anche in considerazione del trend nazionale che vede un aumento del trasporto privato del 9% in cinque anni. Evidente è l'effetto "magnetico" della ferrovia quando è inserita in un sistema integrato con gli altri vettori della mobilità anche in zone rurali.

Infine, va sottolineata l'insolita configurazione gestionale, in quanto SYNTUS è una società del gruppo NS Reizigers e CONNEXION e CARIANE MULTIMODAL INTERNATIONAL (appartenenti alle ferrovie francesi SNCF). Questa configurazione implica la cooperazione, anche se indiretta, tra due società ferroviarie nazionali e un operatore privato: il vantaggio è di facilitare la coerenza globale della politica dei trasporti. Curioso è che le SNCF sono coinvolte, anche se indirettamente, attraverso CARIANE MULTIMODALE, nell'esercizio di una rete regionale liberalizzata mentre tali reti non esistono in Francia.



Importo dei lavori - SYNTUS: 67,4 M€ (compreso il materiale rotabile)

Traffico: 500-600 pax/giorno per linea

Operatore: Syntus

Proprietario: ProRail



6.9. RegioRail (1) – un fallimento in Francia?

A differenza della Germania, esempi di apertura e di ammodernamento di linee ferroviarie regionali sono rari in Francia. Un motivo in più per parlare di quello di Cannes-Grasse, che dopo mezzo secolo di dismissione, è stata di nuovo messa in servizio nel marzo 2005. Dopo un rinnovamento completo della via di corsa, l'ammodernamento degli impianti fissi e l'elettificazione, la realizzazione di nuovi sottopassi stradali, la nuova linea – di circa 17 km – ha ripreso il servizio con una frequenza minima di 30'.

I veicoli sono TER a due piani (simili ai TAF italiani) di seconda generazione prodotti dalla Alstom (Coradia duplex). I Coradia, che possono marciare fino a 100 km/h, hanno una capienza variabile da 210 a 450 posti a sedere a seconda della configurazione adottata.



La riapertura della linea rappresenta un chiaro successo con ottimi esempi di integrazione e inserimento nel delicato paesaggio provenzale e della Riviera. Ciò nonostante il carico di 2.500 pax/giorno (25% in più in estate) è ben al di sotto dei 4.700 previsti dal piano finanziario di investimento: i 53 M€ erogati sono ben superiori di quelli della Schönbuchbahn - 15 M€ compreso il materiale rotabile -, che per

caratteristiche tecniche e di contesto è invece molto vicina alla Cannes-Grasse, trasportando però oltre 6.000 pax/giorno. Quindi, come si spiega questa differenza?

Certo il numero di opere d'arte è maggiore sulla linea francese, ma il costo totale ammonta comunque a soli 16 M€ su un totale di 53: la differenza può essere ricondotta alla decisione di elettrificare una linea con un numero comunque ridotto di fermate. Per la Schönbuchbahn si è optato non a caso sul mantenimento della trazione diesel e su un raddoppio delle fermate, per un totale di 12 su una linea di 14 km. La chiave del successo della ferrovia minore della valle di Schönbuch è proprio nella maggiore penetrazione nel tessuto urbano della valle con molte fermate ed un piano di riorganizzazione delle linee di trasporto su gomma orientato a caricare la linea ferrata in modo snello ed efficiente. Questo spiega perché al contrario l'opera francese sia rimasta una linea ferroviaria secondaria lontano dalle esigenze quotidiane dei residenti nel bacino d'utenza della linea nonostante i 53 M€ di ristrutturazione e gli ulteriori 30 M€ per il materiale rotabile (3 unità TER 2N NG a 10 M€ cadauno).

6.10. RegioRail (2) – dalla Francia all'Italia

Dal momento della riapertura della ferrovia della Val Venosta, avvenuta nel maggio 2005, il servizio è passato sotto la gestione della società DAU Nahverkehr Bolzano AG, il più grande operatore di mobilità nella regione del Trentino Alto Adige.



Il servizio sulla linea lunga oltre 60 km è stato attivato inizialmente con una frequenza oraria, per essere dimezzata a 30' dopo due anni. I tempi di percorrenza sono di 82-84 minuti ma è stato recentemente inaugurato un servizio espresso tra Malles e Merano in 70 minuti, vale a dire molto meno di un viaggio in autobus o in automobile.

Nel 2006 si è celebrato il centenario della linea: l'occasione per la Provincia Autonoma di Bolzano di far dimenticare il quindicennio 1991-2005 in cui le FS avevano chiuso la linea perché poco redditizia.

Alla fine del 1990, la linea è stata acquistata dalla Società Südtiroler Transportstrukturen AG (STA) di Bolzano, che ha immediatamente avviato le opere di rinnovamento della sede e degli impianti.

Le opere hanno avuto un importo totale di 116 M€ dei quali 14 M€ per le opere d'arte, 25 M€ per l'armamento e 31 M€ per le attrezzature e il segnalamento. I lavori sono stati imponenti con 3 ponti a grande luce (oltre 70 m) e 61 gallerie, 54 attraversamenti chiusi e 13 nuovi sottopassi. Le stazioni, quasi tutte dichiarate monumento d'architettura moderna sono state restaurate con grande cura e attenzione. Il



materiale rotabile è stato ordinato dalla società di Bussnang Stadler (Svizzera) per un costo di 2,9 M€ per unità. Il veicolo diesel GTW 2 / 6 sono stati consegnati nel 2004.



Il servizio ha avuto un riscontro enorme nella cittadinanza: a tre anni dall'apertura la quota modale sul trasporto pubblico nel bacino della linea è passata dal 23% al 41%.

In sostanza, un esempio italiano di RegioRail dimostra che l'iniziativa regionale pubblica può ancora essere utile (e ragionevole) per ottenere un trasporto pubblico locale funzionale e redditizio sia in termini finanziari che sociali.



La linea della Val Venosta (Merano - Malles) è nata come ferrovia regionale a scartamento normale. Su un tracciato di 59,8 km essa si inerpica su 3 successivi gradoni fino a superare un dislivello di poco meno di 700 metri. Per mantenere entro limiti accettabili i costi di realizzazione, in alcuni tratti della linea è stata realizzata una livelletta fino al 29 per mille e con raggi di curvatura di soli 200 metri. In particolare nella

prima tratta, quella che da Merano sale a Tel passando per Marlengo, il tracciato è assai sinuoso e difficile. Per superare il notevole dislivello tra Merano e il Tel, che sbarrava l'imbocco della Val Venosta, è stato necessario realizzare un'ampia deviazione per Marlengo, con tre tratte in gallerie (galleria elicoidale Marlengo, galleria Monte Giuseppe, galleria Tel) e una tratta in galleria artificiale. Anche sul piano geologico questa tratta risultava particolarmente problematica: nel corso del ripristino della linea è stato necessario effettuare estesi interventi di consolidamento all'interno della galleria Monte Giuseppe.

La linea reinaugurata nel 2005 è quindi una struttura completamente rinnovata, che della vecchia ferrovia della Val Venosta conserva soltanto il tracciato, i ponti e le gallerie. Armamento, impianti di sicurezza e materiale rotabile rispondono pienamente all'attuale stato dell'arte. L'armamento è stato realizzato ex novo sia per quanto riguarda la massicciata che per le traversine in calcestruzzo e le rotaie tipo UNI 50. Il binario è stato realizzato con la lunga rotaia saldata, avvalendosi, per la prima volta in Italia, di traversine in acciaio ad "Y" per consentire la continuità del binario anche in presenza di raggi di curvatura assai stretti. Queste nuove tipologie di traverse presentano un'elevatissima resistenza agli spostamenti laterali del binario, riducendo in tal modo gli interventi manutentivi.

In mancanza di un veicolo specifico può venir impiegata per la posa anche una macchina rinalzatrice per scambi. Questo tipo di soluzione ha consentito di aumentare il peso ammissibile per asse a 22,5 tonnellate, rendendo possibile anche il traffico merci, oltre ovviamente a migliorare la silenziosità delle motrici. Gli scambi sono realizzati con rotaie tipo 60 UNI del peso di 60kg/m e sono quindi transitabili a 60km/h. Il sofisticato livello tecnologico dell'armamento ha permesso di portare a 70 km/h la velocità nella maggior parte delle tratte in curva, mentre sulle tratte in rettilineo sufficientemente pianeggianti - che nella Val Venosta uniscono l'una all'altra le tratte a pendenza più forte - la velocità consentita è stata portata su 100km/h.



I dodici convogli della ferrovia della Val Venosta sono costituiti da automotrici articolate diesel-elettriche tipo GTW 2/6, realizzate dagli stabilimenti elvetici Stadler Rail. La struttura a pianale ribassato adeguata alla quota dei marciapiedi rappresenta per i passeggeri una grossa comodità, proprio come la larghezza delle porte: alla spaziosa cabina si accede senza dover superare gradini, con grande vantaggio anche e specialmente per le persone disabili. Un'area multifunzionale per i bagagli, le biciclette e le carrozzelle completa l'offerta di questa moderna linea ferroviaria. L'accogliente sistemazione degli spazi interni, con

gli scompartimenti privi di divisori e le grandi finestre panoramiche, conferisce al viaggio una nota di distensione.

Il design moderno e la silenziosità del movimento fanno di un viaggio da Merano a Malles una nuova esperienza, con un confort di alto livello anche d'estate grazie a due impianti di climatizzazione indipendenti che creano un ambiente piacevole persino nelle giornate più calde.

Le motrici sono articolate su tre elementi, cioè su due cabine passeggeri e un' unità motrice centrale indipendente. Le due casse sono dotate ciascuna di un carrello portante e poggiano posteriormente sul modulo di trazione, nel quale è ubicata la trazione. Il rodiggio risulta quindi un 2' Bo 2'. Questa configurazione comporta da un canto il vantaggio di una rumorosità limitata nelle aree passeggeri, e dall'altro quello di un elevato peso concentrato sull'unità motrice, con conseguente maggiore attrito e quindi uno spunto di avvio di 80 kN sulla rotaia. La propulsione è costituita da due unità motrici dotate ciascuna di un motore diesel da 380kW, un generatore asincrono, inverter IGBT ed un motore asincrono. Nell'esercizio normale sono operativi entrambi i motori, che assicurano anche sulle pendenze maggiori la considerevole accelerazione di 1,05 m/s².



La cooperativa sociale "independent L." ha stilato una buona pagella per la linea ferroviaria Merano-Malles: gli ultimi ostacoli alla mobilità delle persone diversamente abili sono stati infatti eliminati.

Giustificata la soddisfazione dell'assessore provinciale alla Mobilità Thomas Widmann per questa significativa crescita qualitativa sulla tratta venostana.

Nei loro spostamenti con i mezzi pubblici le persone con disabilità si trovano a fare i conti con problemi particolari, a cominciare dall'utilizzo dei parcheggi per passare poi all'accesso al marciapiede e al treno, fino alla possibilità di raggiungere i servizi sanitari e il bar.



Su questi aspetti essenziali la cooperativa sociale "independent L." – su incarico della STA Strutture Trasporto Alto Adige – ha esaminato e sperimentato il grado di accessibilità della ferrovia della Val Venosta – comprese le stazioni e le strutture annesse – giungendo a un risultato nettamente positivo, presentato a Bolzano.

14 stazioni (Merano, Marlengo, Tel, Rablà, Plaus, Naturno, Stava, Ciardes, Castebello, Coldrano, Silandro, Lasa, Sluderno, Malles) sono state valutate come "accessibili", le restanti 4 stazioni (Lagundo, Laces, Oris, Spondigna) sono state classificate "accessibili con aiuto" mentre nessuna stazione venostana è stata giudicata "non accessibile".

"Il sistema ferroviario della Val Venosta si conferma una volta di più l'esempio riuscito in Alto Adige di un progetto di viabilità strategicamente ben preparato e concretizzato di conseguenza, ed è l'unica ferrovia accessibile anche alle carrozzine", sottolinea l'assessore provinciale alla Mobilità Thomas Widmann.

Martin Telser, presidente di “independent L.”, ha definito la ferrovia della Venosta esemplare in Europa in materia di abbattimento delle barriere architettoniche. "Ringraziamo l'Assessorato alla Mobilità per la sensibilità mostrata su questo aspetto, espressione di una pianificazione da seguire anche in futuro".

Come ultime misure per garantire il completo accesso senza ostacoli alle strutture e ai treni, ha spiegato Helmuth Moroder della STA, responsabile del progetto Ferrovia Venosta e committente dello studio, sono stati montati sui marciapiedi delle stazioni della Venosta dei profilati in legno che riducono a 9 cm lo spazio vuoto tra la piattaforma e la salita del treno, e che hanno quindi fatto guadagnare agli scali ferroviari lo status di “accessibile”.



7. SISTEMI TRAM-TRENO

In questo capitolo si esaminano alcuni dei più recenti progetti realizzati o in via di realizzazione di sistemi tram-treno per completare la panoramica sulle possibilità offerta dalla tecnologia per il rilancio della mobilità pubblica in zone a media urbanizzazione o in contesti degradati con il duplice obiettivo di realizzare un sistema redditizio e innescare un volano che consenta di sostenere una riqualificazione urbana profonda e duratura.

7.1. TOYAMA (Giappone)

Nella città giapponese di Toyama (437mila abitanti, capoluogo dell'omonima prefettura) nel 2006 è stato inaugurato un servizio di tram-treno adibendo al trasporto urbano una ferrovia dismessa.



La Toyamakō Line (Toyamakō-sen) è la prima di un sistema di mobilità a lungo termine molto articolato. La linea unisce il quartiere di Toyamaekikita, adiacente alla stazione centrale di Toyama, con il sobborgo portuale di Iwasehama, da cui il soprannome dato alla linea di PORTAM.



Vista del tracciato in zona urbana.



Il nuovo tracciato tranviario con piattaforma di fermata su entrambi i lati del binario.



La linea ferroviaria transita a ridosso delle abitazione: una situazione molto comune in Giappone.

La municipalità si vanta di aver realizzato la prima linea di metropolitana leggera (sistema TRAM-TRENO effettivo) del Giappone.

Si tratta di una linea a singolo binario lunga 7+640 km di cui 1+104 a sezione tranviaria stradale (cfr. foto in alto) mentre la parte restante è su tracciato ferroviario classico. Le fermate sono 13. La frequenza è di 6 passaggi ora sino alle 18.00, che si riducono a 4 sino alle 11.00 e 2 per la restante parte del servizio.

Il materiale rotabile è costituito da 7 veicoli tipo TLR0600 prodotto da una joint-venture di Niigata Transis con Siemens Transportation.



Il costo della FASE 1 è stato di 34M€ (4,9 M€/km). I costi medi di manutenzione per i primi due anni sono stati di 2,55 M€/anno.

7.2. ZWOLLE KAMPERLIJNTJE (Paesi Bassi)

Kamper Lijntje è il nome della linea ferroviaria Zwolle – Kampen, due cittadine situate circa 70 km ad est di Amsterdam, nella peggione dell'Overijssel. La tratta misura circa 12 chilometri per due sole stazioni ed attualmente ha un tempo di percorrenza di 10-12 minuti. La linea è gestita dalla ferrovie olandesi (elettromotrici diesel DMU, tipo *Buffel*): la gestione è cofinanziata dalla Provincia di Overijssel e dai Comuni di Zwolle e Kampen.

A seguito di alcuni interventi di decentramento dei plessi scolastici della città di Kampen la linea ha visto scendere gradualmente il numero di utenti: attualmente la sua gestione per le ferrovie nazionali è considerata una forte perdita.

Nel 2008 è stato elaborato un progetto di recupero e rilancio dell'infrastruttura che prevede la sua tranviarizzazione: aumento delle fermate per garantire la sufficiente attrattività al servizio con una ridistribuzione delle funzioni urbanistiche centrate in Zwolle e Kamper per innescare lo sviluppo dei territori periurbani tra le due città.

A proposito del futuro della Kamper Lijntje a seguito della vittoria del premio ProRail messo in palio dalle ferrovie olandesi per la valorizzazione del patrimonio ferroviario nazionale – si è aperto un vasto dibattito. Lo spostamento della Scuola Nazionale di Giornalismo e dell'Accademia delle Belle Arti da Zwolle a Kampen ha scaricato notevolmente la linea dal flusso studenti, portando il servizio mantenendo l'attuale gestione ferroviaria di navetta da Kampen a Zwolle in perdita.

Entrambe le amministrazioni hanno trovato quindi un accordo, visto il beneplacito della Provincia nel rimodulare i propri strumenti di pianificazione urbanistica sul nuovo servizio tranviario che dovrebbe vedere la luce nel 2012.



Fig. 21. Una motrice diesel *Buffel*, attualmente in servizio sulla linea.

Si prevede la costruzione di 6 nuove fermate lungo la linea (Zwolle Veerallee, Zwolle Voorsterpoort gepland station, Industrieterrein Katwolde, Zwolle Stadshagen, Zwolle Werkeren, Mastenbroek e Kampen Oost) per aumentare in maniera soddisfacente il grado di copertura territoriale.

La frequenza minima sarà di 3 passaggi/ora per direzione (20' il cadenzamento minimo).



Fig. 22. Tram della serie A32 della Bombardier già in servizio su reti ferrotranviarie olandesi.

Tutti i servizi regionali farebbero capolinea a Zwolle mentre il servizio tranviario permetterebbe la distribuzione degli utenti nel distretto e nella città di Kampen. Dalle analisi di fattibilità è emerso che l'utilizzo di tram elettrici per il basso consumo energetico e il comfort maggiore nella marcia rispetto alle motrici diesel, permetterebbe un risparmio annuo di 500-600.000 € a fronte di un aumento delle spese di manutenzione di 300.000 €. Lo studio ha preso in considerazione anche vetture ibride diesel/elettriche come il veicolo Citadis di Alstom per il servizio alternativo all'interno delle aree urbane. Il successo promozionale dell'operazione in corso per la Zwolle-Kampen già ha avuto un seguito: lo stesso destino di tranviarizzazione è stato deciso per le ferrovie secondarie Haarlem - Zandvoort Nijmegen – Kleve. I relativi bandi di esecuzione dovrebbero avvenire nel 2010.

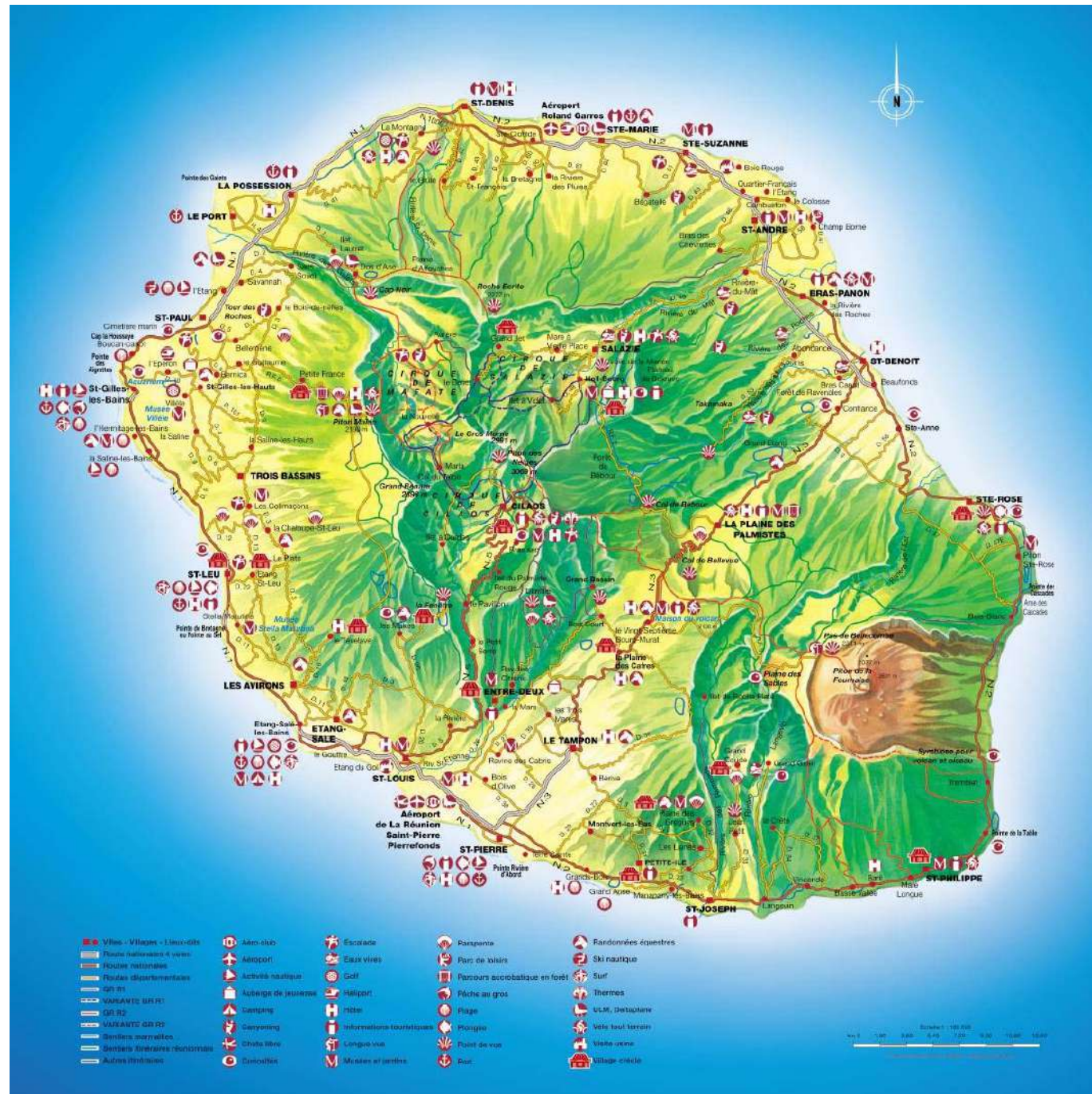
Circa l'utilizzo di tram ibridi si sono mosse però diverse associazioni territoriali che chiedono a gran voce l'adozione del tutto elettrico: senza emissioni nocive e con una rumorosità specifica nettamente inferiore.

7.3. TRAM-TRAIN DE LA RÉUNION (Isola de La Réunion, Francia)

Il progetto riguarda la costruzione di una linea ferrotranviaria nel dipartimento francese d'Oltremare de La Réunion, un'isola dell'oceano Indiano.

Più vicino a un treno, che a un tram, il veicolo adottato sarà un convoglio a quattro casse di 36 metri di lunghezza con una capienza di 250 passeggeri.

I lavori sono stati aperti nel corso del 2008: quello che sarà il principale mezzo di trasporto per i pendolari sull'isola dopo la chiusura dell'unica ferrovia nel 1988, dovrebbe entrare in servizio nel 2012.



Il tracciato correrà lungo il sedime della ferrovia dismessa per un tratto di 38 km dall'aeroporto internazionale di Gillot sino al centro di St. Paul. Dall'ingresso nel dipartimento di Sainte-Marie una diramazione permetterà l'ingresso nel centro urbano di Saint-Denis – il capoluogo dell'isola, quindi attraverso il distretto de La Montagne, verso il comune di Le Port come richiesto dal Comune de La



CAP AU SUD

ENGAGEMENTS PRIS, ENGAGEMENTS TENUS

2 DATES À RETENIR :

- **30 mars 2005**, décision de la Région de prolonger le tram train de Saint-Paul à Saint-Joseph sans remettre en cause les investissements déjà programmés dans le Sud;
- **20 mars 2007**, rendu des études confirmant la faisabilité technique et financière du projet vers le Sud. Des variantes de tracé sont proposées.



CE QU'IL FAUT SAVOIR :

- pas question de faire payer aux communes du Sud l'extension du tram train;
- avec le Conseil Général et leurs groupements, les communes contribuent au financement des transports par bus.

**Avec la Région,
le Sud dans l'ère du temps**



www.tramtrain.fr
www.regionreunion.com

LE DÉFI :

LA MISE EN SERVICE DU TRAM TRAIN DANS LE SUD EN 2016 SOUS RÉSERVE :

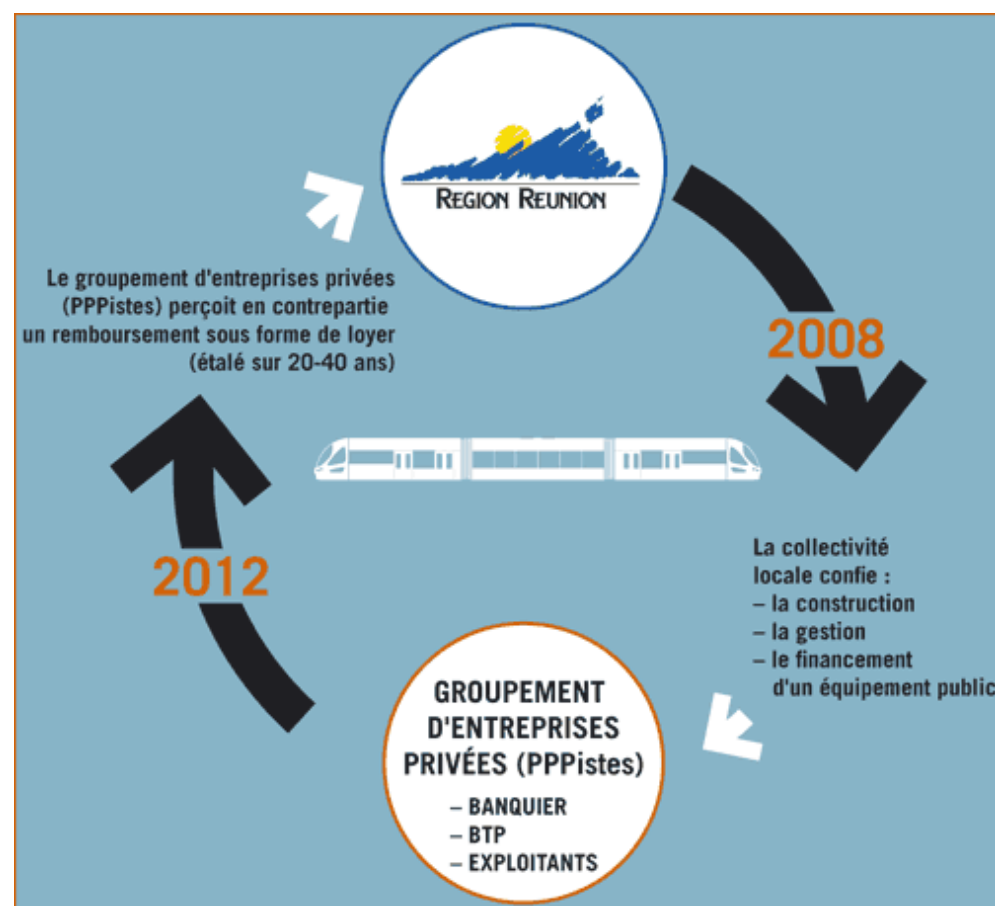
- que la 1^{re} tranche Sainte-Marie – Saint-Paul ne subisse pas de retard;
- de l'accord des élus du Sud en faveur du tram train;
- de l'urgence à valider le tracé de référence afin de poursuivre les études techniques et de consulter les entreprises pour la réalisation des travaux.



Possession. Da qui il servizio procederà verso il capolinea di Cambaie, una zona in rapido sviluppo, dove tra gli altri è attesa la realizzazione di un centro di trasmissione del sistema OMEGA Navigation System, il primo sistema di aeronavigazione internazionale.

L'estensione della linea oltre Saint-Gilles dovrebbe avvenire subito dopo l'entrata in servizio della prima tratta funzionale. A questo prolungamento dovrebbe far seguito un secondo prolungamento, molto più importante verso la costa occidentale dell'isola alla volta dell'abitato di Saint-Pierre passando per l'importante centro di St. Louis. Dall'altro capolinea è prevista un'estensione di minore entità verso l'abitato di Sainte-Suzanne.

Una delle aree di maggiore controversia per la scelta del tracciato è stato l'attraversamento del distretto de La Montagne, con l'omonimo massiccio: si trattava di scegliere tra la realizzazione di una galleria naturale di 11 km o un viadotto attraverso l'area de La Grande Chaloupe, un sito di grande valore storico e ambientale. Questa seconda opzione avrebbe permesso una migliore copertura territoriale a servizio di un'area per cui si prevede un forte richiamo turistico a partire dai prossimi anni.



Proprio le obiezioni mosse in sede di Valutazione di Impatto Ambientale hanno portato ad una sospensione della procedura nel 2007 e nel 2008, questa volta con il rilascio di un parere negativo proprio all'attraversamento delle montagne dell'entroterra. La commissione di valutazione ha proposto il transito lungo la costa attraverso una sede lungo la nuova *route du Littoral*.



Per la realizzazione dell'opera si è scelto un partenariato pubblico/privato con capitale misto: finanziamento regionale e proposta di project financing. La società di gestione delle opere di cantierizzazione è la SR21.

La formula del **partenariat public / privé (PPP)** è stata approvata dall'Assemblea regionale il 23 agosto 2006: per i primi 38 km la spesa sarà di 1.250 M€ (32,90 M€/km). Sulla spesa pesa il fatto che molti dei materiali devono essere portati in loco³⁰.

L'isola de La Riunione conta 827.300 abitanti al 2007, su una superficie di 2.512 km². In realtà oltre l'80% del territorio è occupato dai massicci montuosi e da brani di lussureggiante foresta tropicale. La maggior parte della popolazione si concentra quindi sulla costa, nelle aree metropolitane di Saint-Denis (492.570³¹ abitanti su 1.078 km²) e Saint-Pierre (275.515 abitanti su 878 km²).

L'isola al 2004 contava oltre 320.000 autoveicoli, con un tasso di motorizzazione pari 47%. Nello stesso anno sono stati importati sull'isola oltre 135.000 t di benzina e 230.000 di gasolio.

La peculiarità di questo progetto è proprio che, nonostante i problemi legati all'insularità e all'estrema lontananza dai centri di produzione sulla terraferma anche in questo caso l'alternativa più valida nel conciliare gli obiettivi di mobilità sostenibile, offerta competitiva con il mezzo privato, sviluppo territoriale è ancora una volta quella di un sistema ferroviario leggero.

³⁰ L'Isola di Réunion è situata circa 720 km dal Madagascar ad ovest, circa 205 km da Mauritius a est e più di 800 km dalle Seychelles a nord; a pochi gradi a nord del Tropico del Capricorno. È un'isola montuosa di origine vulcanica: il punto più alto è il Piton des Neiges con i suoi 3.069 metri. L'intera linea costiera dell'isola è di 207 km.

³¹ Fonte Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), 2008.



7.4. REGIOTRAM DI GRONINGEN (Paesi Bassi)

Groningen (o Groninga in italiano) è la principale città dell'Olanda del Nord. Con il progetto Kolibri, dopo 60 anni la città vedrà tornare a correre delle vetture tranviarie per le proprie strade. Kolibri è il nome della rete della Mobilità della regione di Groningen-Assen. Una delle azioni del piano riguarda proprio il reinserimento del tram nella regione.



Ogni giorno 160mila pendolari raggiungono la città di Groningen. Di questi il 75% utilizza la propria auto: per questa uno degli obiettivi di medio termini è proprio la migliore ripartizione modale di questi spostamenti a favore del ferro. Si tratta di un progetto che prevede una rete tranviaria urbana per il centro di Groningen e una serie di relazioni che si dipartono a raggiera per la Provincia correndo lungo le linee ferroviarie esistenti. L'orizzonte del Piano è il 2010-2020. Il Piano sarà parzialmente finanziato con i fondi destinati alla Zuiderzeelijn (Groningen-Lelystad), che per il momento non sarà realizzata.

Il tram a Groningen è stato introdotto nel 1910 con l'esercizio della *Gemeentetram Groningen* per essere smantellato nel 1949, immediatamente dopo la fine della Seconda Guerra Mondiale (la città fu pesantemente bombardata).

Il primo progetto per il ritorno del tram in città è stato presentato dall'Amministrazione comunale nel 2002: nella Grote Markt è stata realizzata una mostra-conferenza con fotografie e modelli di nuovi e moderni veicoli tranviari, quali il *Combino* della Siemens di Amsterdam e l'*A32* de L'Aia, recentemente entrato in servizio sulla RandstadRail la rete metrotranviaria extraurbana che unisce Rotterdam a L'Aia.

Nel 2006 è stato presentato il progetto esecutivo della linea 1: un percorso di 5+740 km attraverso il centro storico dalla Hoofdstation sino al campus universitario (universiteitscomplex Zernike). Lo standard è quello delle più moderne metrotranvie: corsia separata per oltre il 90% del percorso con attraversamenti ridotti o comunque controllati da impianti a precedenza tranviaria.

Nel 2008 c'erano tre possibili percorsi per il primo tram per la Zernike Complesso:

Ad inizio 2008 sono state concordate tre alternative di tracciato per l'attraversamento del centro storico:

- Opzione occidentale (linea arancio nella fig. 17): percorso affiancato alla sezione ferrovia esistente sino alla Noorderstation, quindi lungo il viale dello Zonnelaan verso Zernike. Questa ipotesi ha lo svantaggio di non servire il centro ma costeggiarlo lungo i viali periferici.

- Opzione interna (linea viola nella fig. 17): attraversamento diretto attraverso le maggiori arterie commerciali (Oosterstraat, Gelkingestraat oppure Herestraat, Oude Ebbingestraat oppure Kreupelstraat) quindi la Grote Markt (piazza Grande del Mercato) fino a Nieuwe Ebbingestraat oppure Boterdiep. La sfida di questa opzione è proprio l'inserimento su viabilità storica di larghezza molto ridotta con utilizzo esclusivamente tranviario e pedonale.
- Opzione intermedia (linea magenta nella fig. 17): attraverso lo Zuiderdiep, Schuitendiep quindi Turfsingel sino Boterdiep e la Noorderstation. Questa soluzione non prevede il tram in centro, ma il transito a soli 250 m dalla Grote Markt.

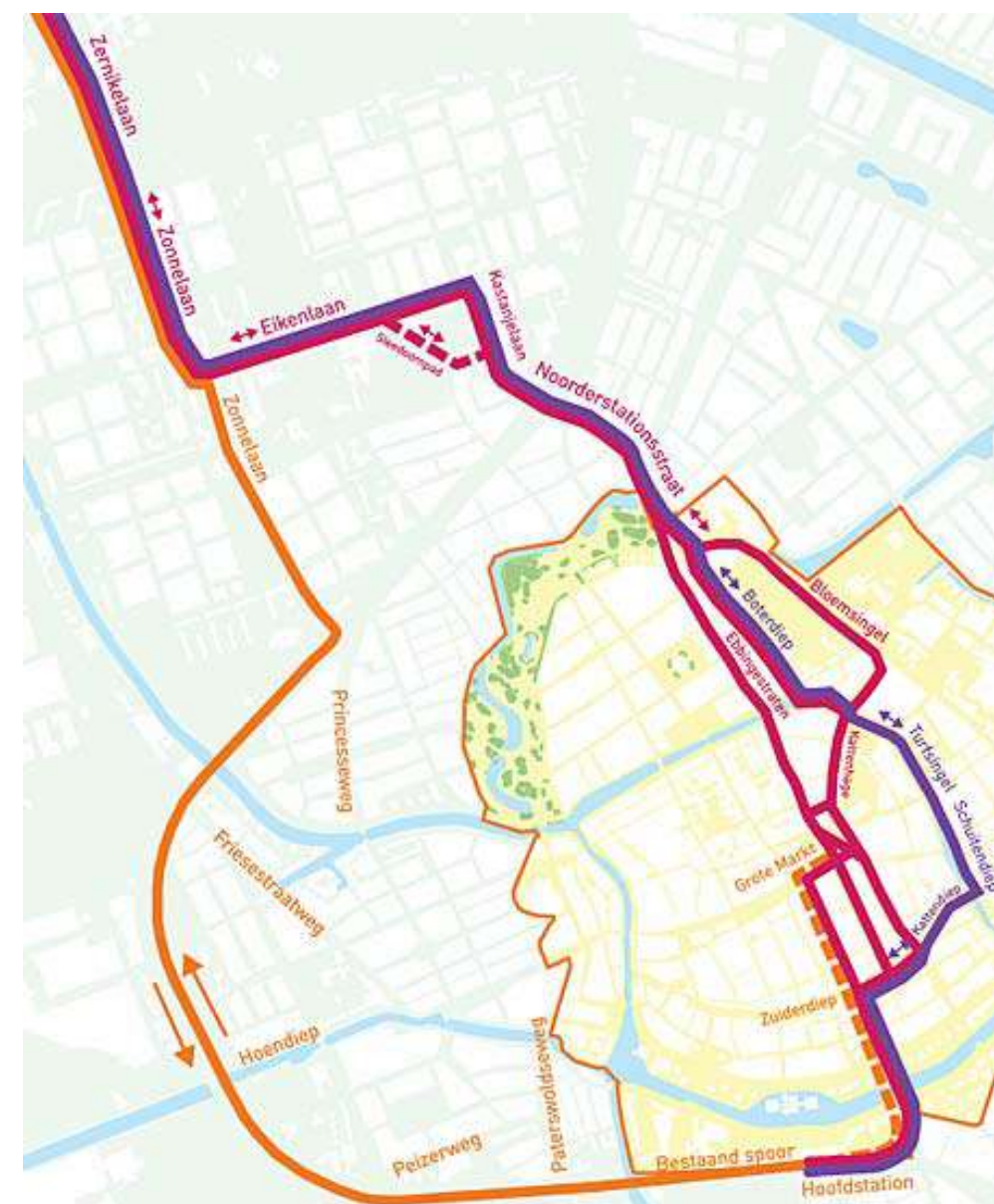


Fig. 23. Linea 1 della rete metrotranviaria di Groninga: alternative di tracciato nel centro storico.

Naturalmente non sono mancate le voci critiche soprattutto in relazione alle proposte di attraversamento del centro storico.





Fig. 24. Groningen: tracciato definitivo della linea 1. Presso la stazione centrale è prevista l'asta di immissione nella rete ferroviaria: da qui i veicoli si immettono nella rete regionale iniziando il servizio vicinale.

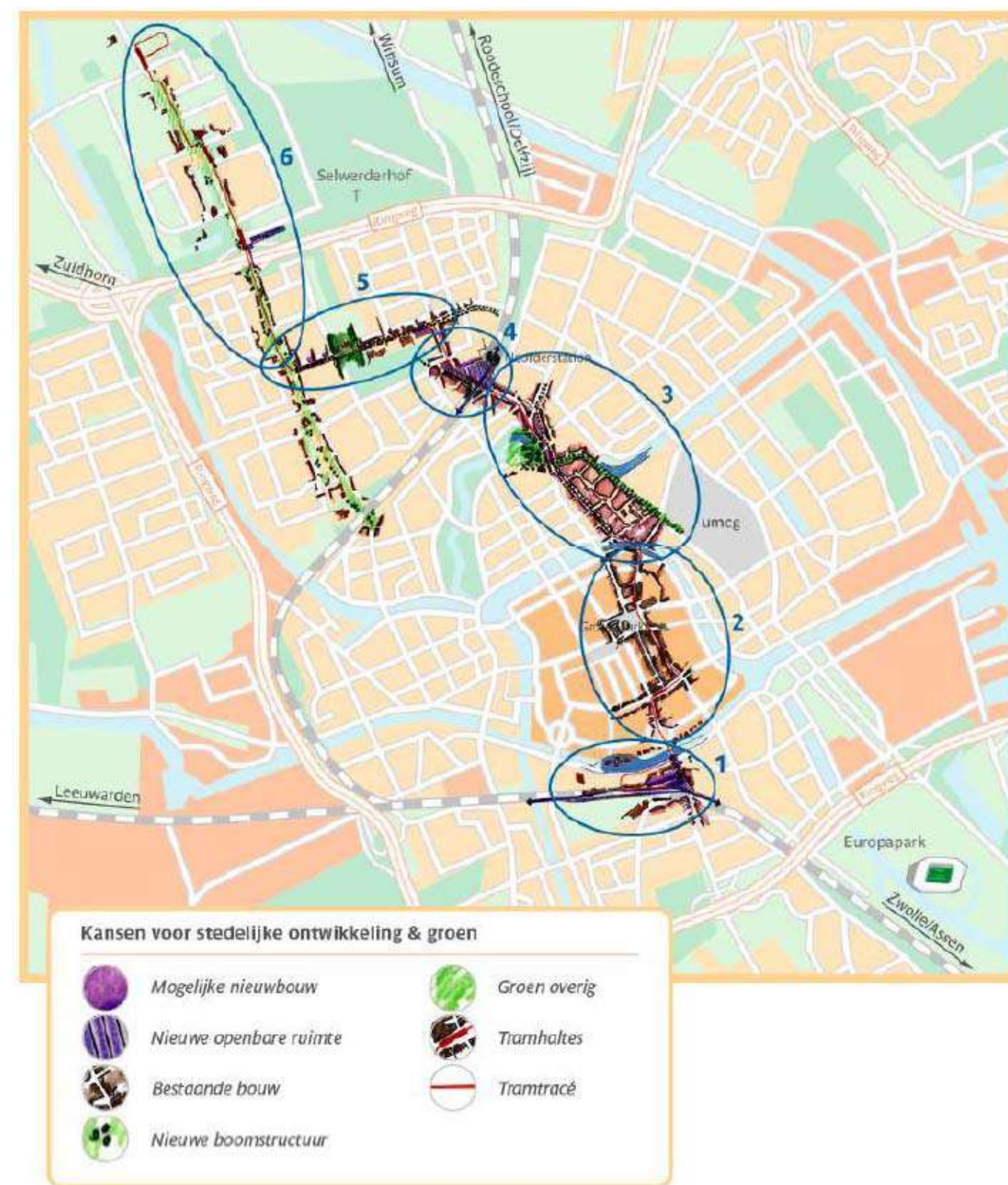


Fig. 25. La realizzazione della linea diventa un momento di riqualificazione e trasformazione delle aree adiacenti. L'intervento diventa quindi un fiorire di interventi correlati di tipo urbanistico e architettonico: episodi che permettono di ridefinire la città riscoprendo le singole microcittà (e non più frammenti urbani isolati) che la compongono.

L'interesse del caso di Groningen risiede anche nelle proteste che – similmente al caso italiano di Firenze – stanno accompagnando i cantieri della linea 1 nel centro storico. Associazioni di cittadini e commercianti stanno manifestando le loro rimozioni sia al consiglio municipale che a quello regionale nei confronti di un progetto che – riferiscono – snatura e violenta il tessuto storico di una delle città più antiche d'Europa. Di seguito i principali punti di contestazione e le risposte date dagli esperti:

- La struttura storica di Groningen non sarebbe idonea ad accogliere il tram. Essendo vincolato non potrebbe evitare gli ostacoli nelle vie più strette, in caso di ghiaccio e neve sugli scambi interi quartieri si troverebbero isolati: un veicolo fermo sulle rotaie in alcune sezioni bloccherebbe del tutto il passaggio di ogni altro veicolo su gomma. RISP.: le recenti tecnologie di controllo e segnalamento permettono un monitoraggio in tempo reale dello stato della rete. In questo modo il servizio può essere modificato o sostituito temporaneamente da navette su gomma in maniera tempestiva.
- In caso di incidente tra un mezzo qualsiasi e un tram ci sarebbe il caos nella viabilità di interi quartieri. RISP.: le statistiche confermano che il tram è il mezzo di trasporto pubblico urbano con i più bassi livelli di incidentalità, a livello di lesività e mortalità degli eventi il distacco aumenta ancora di almeno una grandezza.
- Le spese di gestione di un tram sono molto maggiori di quelle di un autobus. RISP.: a parità di utenti trasportati le spese di gestione di un servizio su gomma sono molto superiori a quelle tranviarie.
- Le rotaie possono provocare incidenti e cadute sia ai pedoni che alle carrozzine e alle biciclette o ai motocicli in genere. RISP.: in grandi città come Vienna e Parigi, nessuna statistica conferma che, un sistema ben segnalato implichi un aumento di incidenti e cadute di motocicli e biciclette.
- Con 350 M€ necessari alla tratta centrale possono trovarsi molte altre soluzioni più efficaci. RISP.: secondo diversi analisti finanziari il tram è il mezzo che offre il maggiore indice di ritorno con un payback time ridotto.
- Essendo Groningen una città costruita su terreni paludosi con falda affiorante il maggiore carico del convoglio tranviario provocare un maggiore rischio di subsidenza della pavimentazione e dei terreni sottostanti. RISP.: il carico per asse di un tram è distribuito in maniera più uniforme di quello di un veicolo su pneumatici. Le rotaie contribuiscono poi a distribuire la pressione in modo da evitare fenomeni localizzati di rottura del terreno.
- Saranno rimosse le principali linee di autobus passanti, creando spezzoni interscambiabili con la linea 1 del tram. RISP.: questa suggestione è quello che meglio descrive la paura del cambiamento. Sostituire le linee per aumentare l'operatività del tram, non significa che saranno abolite le possibilità di andare da una zona A ad una zona B, ma che semplicemente si dovrà utilizzare il tram per andarci.
- Il centro storico di Groningen è troppo piccolo per ospitare un progetto così "grande". RISP.: i nuovi veicoli tranviari hanno raggi di curvatura molto ridotti. La capacità di "arrampicarsi" ha raggiunto possibilità inimmaginabili per un veicolo su ferro sino a qualche anno fa. Non va dimenticato poi che un veicolo tranviario è largo 2,60-2,80 in confronto ai 2,90-3,10 m di un autobus.

- Maggiore rumorosità dei veicoli su ferro rispetto agli autobus. RISP.: valutazione errata, 66dB(A) a 3 metri dalle rotaie contro gli 87,0 di un autobus alla stessa distanza dai pneumatici.
- Il vantaggio di una linea di autobus è che può essere modificata nel tempo: negli ultimi 12 anni il percorso della linea 11, ad esempio, è stato modificato 10 volte in parte perché è cambiata la struttura urbanistica e in parte per lavori sulla via di corsa. Con il tram questa flessibilità si perderà. RISP.: è proprio la fissità del tram a innescare tutta una serie di rivalutazione delle aree adiacenti in grado di fungere da volano a veri e proprie riqualificazioni di massa per interi distretti urbani. Se l'autobus insegue la città, il tram fa la città.

Nonostante le polemiche il progetto va avanti: nel maggio 2008 viene presentata una seconda linea est-ovest di 6+200 km dall' UMCG a Kardinge. A fine anno viene approvata la soluzione più centrale proposta per la linea 1, con il passaggio nella Grote Markt.

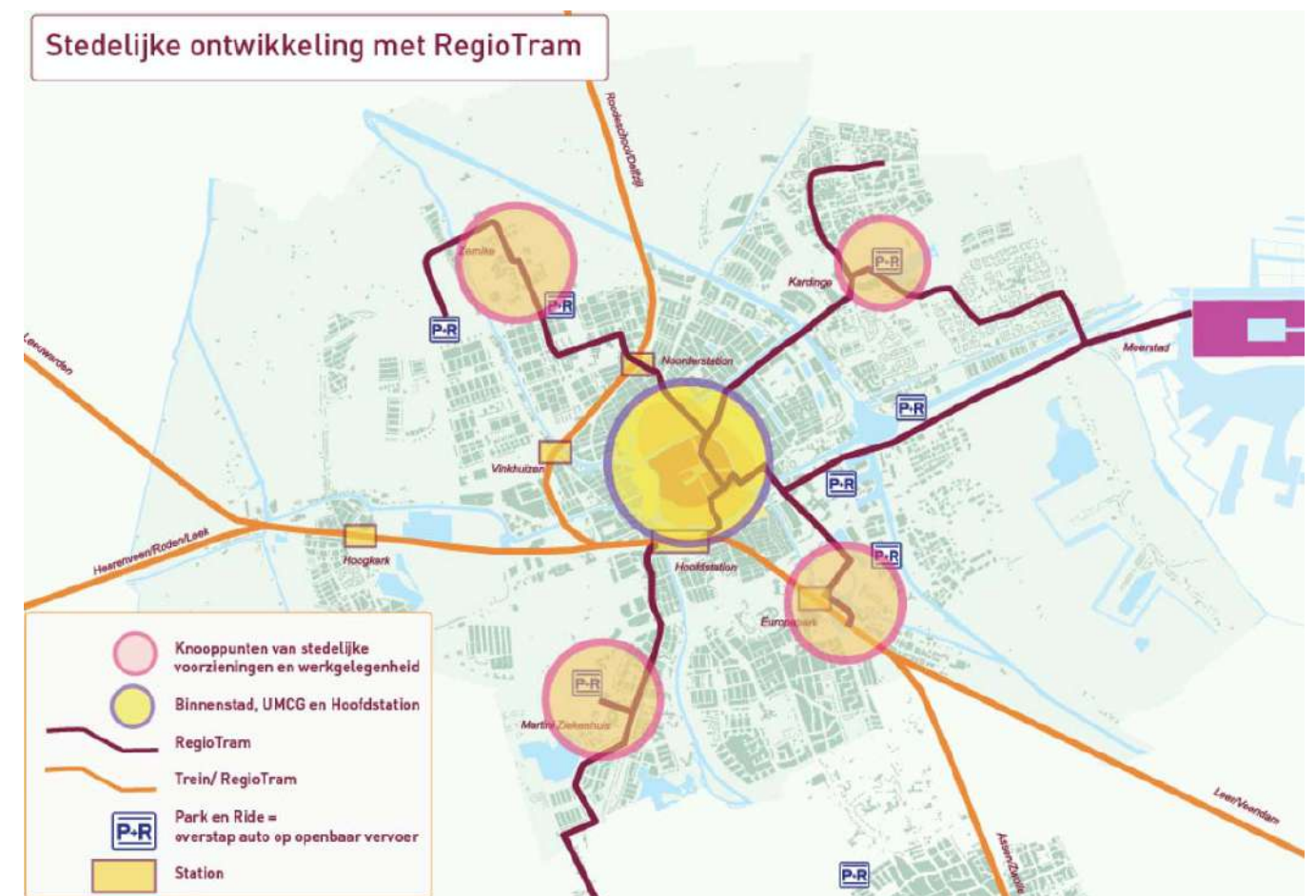


Fig. 26. Schema delle linee 1 e 2 della metrotranvia di Groningen: in arancio le relazioni regionali.

Come già nel caso di studio di Leiden (RijnGouwelijn) le critiche vengono messe al centro del dibattito in modo da rendere il processo concertativo produttivo e la soluzione finale la più condivisa possibile.

L'amministrazione di Groningen chiede una partecipazione attiva dei cittadini: una delegazione è ammessa in maniera permanente nello staff progettuale anche se solo con funzioni consultive.



Fig. 27. La campagna NO TRAM ricorre spesso a suggestioni e credenze di facile presa sull'opinione pubblica.

Il progetto di Groningen si distingue soprattutto per l'inquadramento regionale della proposta: se è il tracciato urbano nel capoluogo a scatenare i dibattiti nessuno si oppone ai nuovi collegamenti provinciali che si diramano dalla stazione centrale: da Groningen già nella prima fase ci sarà un servizio per Assen e uno per Leeuwarden con un passaggio ogni 20'.

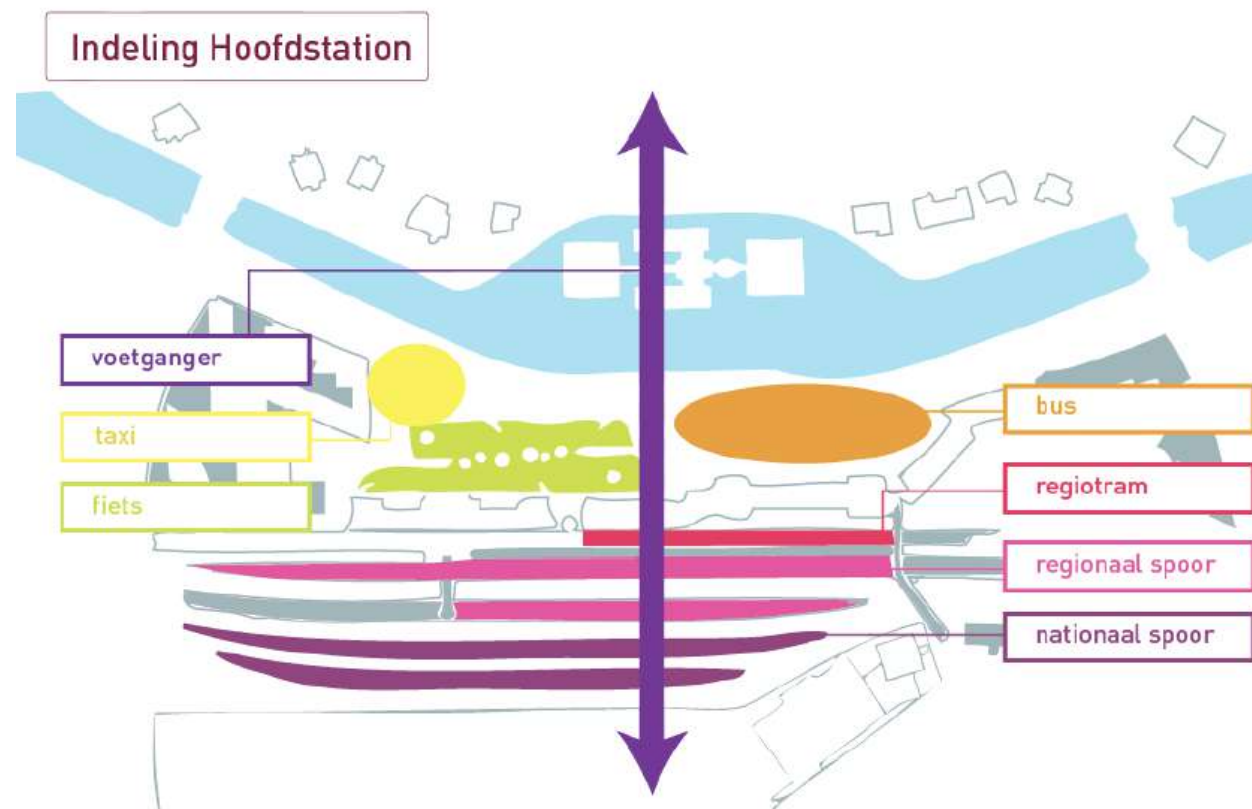


Fig. 28. Riorganizzazione delle banchine della stazione ferroviaria principale di Groningen.

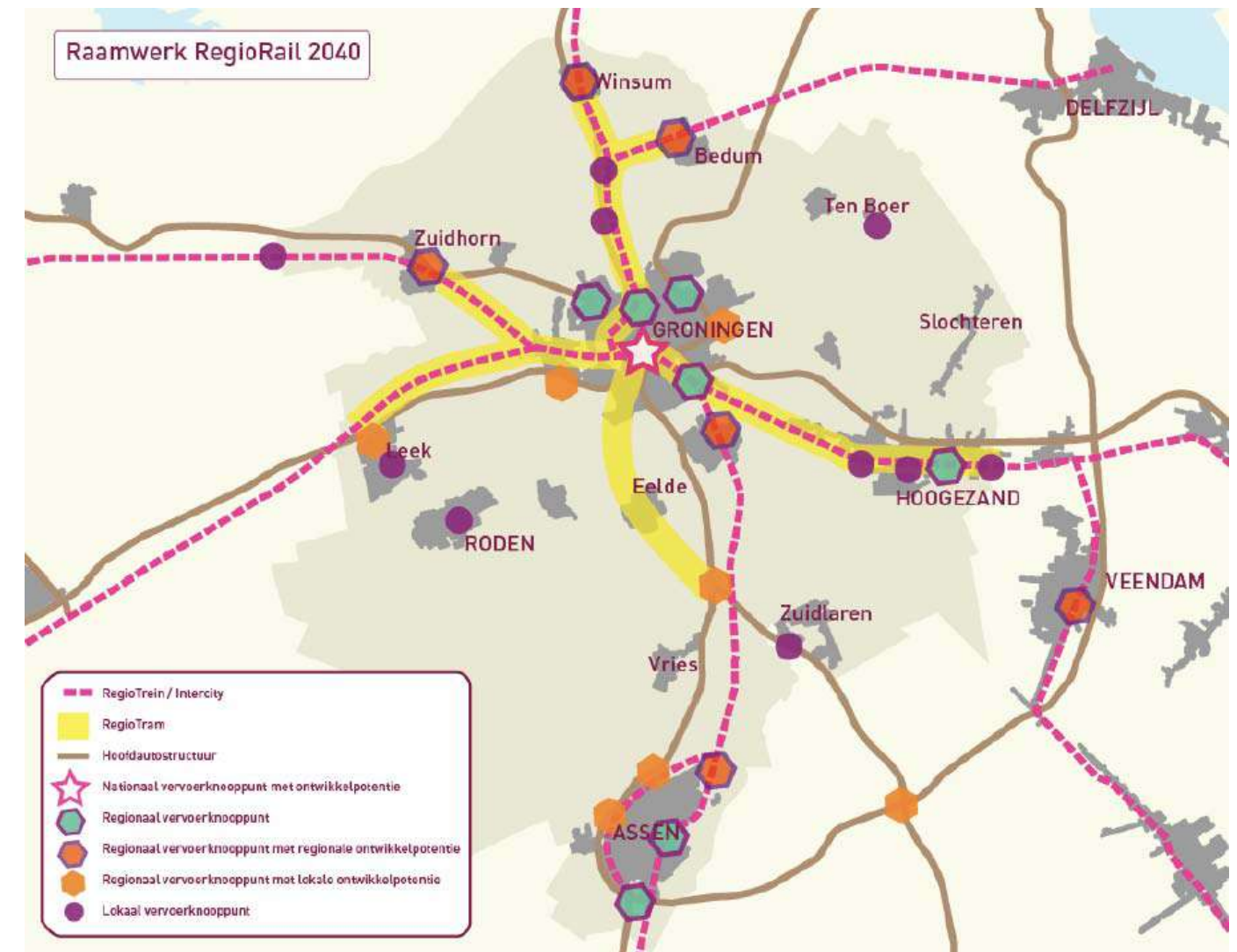


Fig. 29. Schema di sviluppo di medio e lungo termine della rete.

Nel medio termine migliorano ancora le relazioni provinciali con le due nuove stazioni urbane di Noord- e Oost-Groningen e quelle di Assen-Noord e Assen-Zuid

Il piano approvato è stato redatto in maniera concertata da dodici municipalità del circondario di Groningen (futura area metropolitana) e dalle due province di Groningen e Assen.

L'intero progetto ammonta a circa 780 M€ . Se tutto andrà secondo i piani, nel 2012 sarà attivata la prima tratta ferroviaria mentre la linea 1 del tram entrerà in esercizio nel 2014. Il servizio regionale sarà operativo per il 2018-2020.

FASE 1. 2012-2020. L'attenzione è sulla realizzazione della rete urbana. Il servizio provinciale è svolto principalmente grazie all'aumento delle frequenze sulle linee ferroviarie Groningen - Veendam, Groningen - Heerenveen. In città entrano in esercizio due linee tranviarie: una per Zernike e il distretto universitario e una per Karding. I nuovi comparti commerciali e produttivi, come Europa Park e il grande magazzino IKEA sono serviti dalle stazioni ferroviarie adiacenti.

FASE 2. 2020-2040. Il servizio tranviario viene esteso alle relazioni ferroviarie regionali: Hoogezand-Sappemeer, Winsum, Bedum e Zuidhorn. Relazioni tranviarie di diramazione connettono il policlinico Martiniziekenhuis, Paterswolde-Eelde, l'aeroporto di Groningen-Eelde con il centro della città.

Q-liner. Dove manca la copertura del servizio ferroviario saranno potenziate o create delle linee di autobus espressi su via dedicata (q-liner) in particolare sulle linee Groningen - Zuidlaren - Casting - Stadskanaal - Emmen, Assen - Kloosterveen e Peize - Roden - Porri.

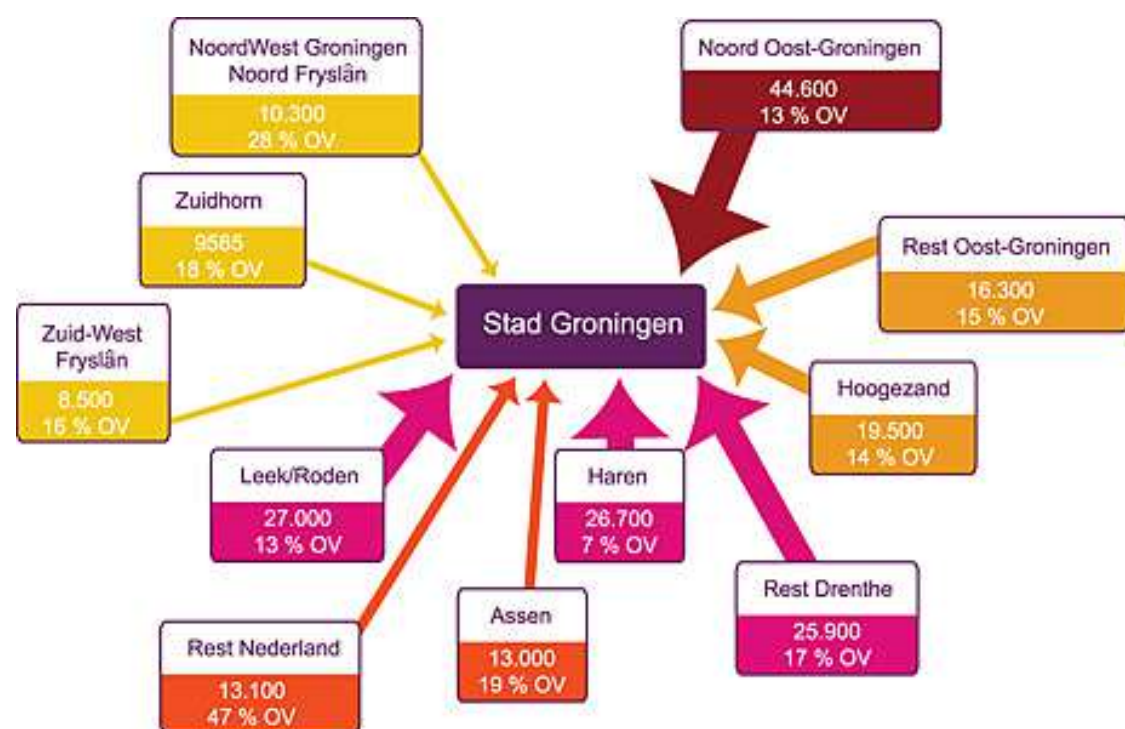


Fig. 30. Schema degli spostamenti giornalieri verso Groningen con le percentuali di utilizzo del trasporto pubblico.

CONCLUSIONI.

La Regione Groningen - Assen è il motore economico dell'Olanda del Nord. E deve continuare ad esserlo rafforzando la propria competitività in un Europa di regioni sempre più agguerrite dal punto di vista della produttività. Groninga è il cuore di questa regione: con 125.000 posti di lavoro, più della metà di tutta la regione - l'Università, l'Hanzehogeschool, il Policlinico giornalmente attrae un flusso di 160mila pendolari che nel 2020 diventeranno 225mila. Il 75% di questi spostamenti avviene in macchina e questo oltre che insostenibile è un limite alla crescita di competitività della regione. Chiave dello sviluppo futuro di breve, medio e lungo termine è il tram inquadrato in una logica regionale con collegamenti veloci direttamente dai centri principali della Provincia e fermate diffuse nell'area urbana centrale, senza rotture di carico.

Solo in questo modo si può creare un'offerta competitiva, attraente e altamente remunerativa sia in termini di flusso di cassa che di ritorno sulle aree urbane e non, anche più degradate.



Fig. 31. Sezione di Turfsingel, con strada adiacente all'omonimo canale: la viabilità automobilistica scompare del tutto mentre compare una ciclopedovia.



Fig. 32. Sezione lungo Noorderstationsstraat: anche qui la viabilità stradale viene notevolmente ridotta.

Fig. 33. Sezione lungo Eikenlaan.



Fig. 34. Sezione in Zonnelaan.



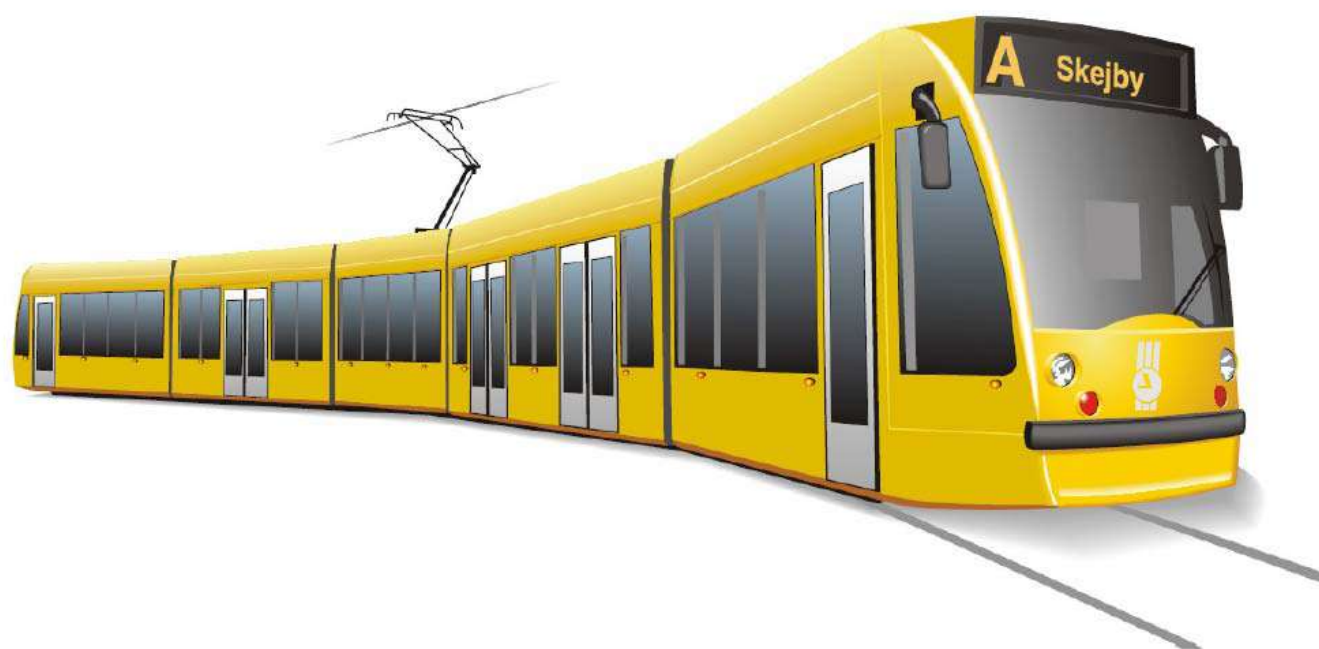
Fig. 35. Sezione lungo Zuiderdiep.



Fig. 36. Sezione lungo Kreupelstraat, una delle più contestate.

7.5. LETBANER DI ARHUS (Danimarca)

La seconda città danese di Arhus ha avviato dal 2005 uno studio sulla realizzazione di un sistema di TCSP. Con una popolazione di circa 325mila nell'area urbana, Arhus, sulla costa orientale dello Jutland, è la seconda città più grande in Danimarca dopo Copenhagen. Per rispondere alla domanda di mobilità e creare un sistema di trasporto fortemente caratterizzante la città sta pianificando un progetto di tram-treno.



Grafik: Flemming Olsen

Arhus è servita dalle ferrovie danesi (DSB) con collegamenti verso sud e la capitale Copenhagen e verso nord e le città di Aalborg e Frederikshavn. La stazione centrale di Arhus è inoltre capolinea di due linee vicinali: una di 69 km verso nord (Greena) e una seconda di 26 km verso occidente (Odder). Entrambe le linee sono a gestione separata con motrici diesel. Nonostante diversi progetti di integrazione con la rete nazionale le linee allo stato attuale restano separate con rotture di carico proprio alla stazione centrale. L'amministrazione ha aperto il dibattito sul tram-treno proprio discutendo sul possibile recupero di queste linee in termini di capacità che di performance.

Grazie alla recente legge sul decentramento, le province sono delegate alla gestione e alla progettazione dei sistemi di mobilità a guida vincolata, incluse le ferrovie. Nel caso di Arhus la provincia del Midtjylland è divenuta il referente unico in tema di gestione e pianificazione – di concerto con la gestione delle DSB – anche del nodo ferroviario del capoluogo. La linea Arhus – Grenaa è invece di proprietà del gestore privato Banedanmark ed esercitata dalle DSB attraverso la controllata Midttrafik; la linea Arhus-Odder è invece di proprietà della stessa Midttrafik. Entrambe le linee sono attualmente servite da materiale

obsoleto il cui rinnovamento dovrà essere effettuato quanto prima: a questa esigenza è legato il programma di revisione generale del servizio in cui ha trovata strada l'idea della tranviarizzazione.

L'area urbana di Arhus è gestita da una vasta rete di autobus, ma l'affidabilità di questi servizi è seriamente compromessa dalla crescente congestione del traffico stradale.

La proposta della municipalità di Arhus è quella – accolta con favore dalla maggioranza della popolazione – di sviluppare una rete di metropolitana leggera basata su una doppia modalità tram-treno che incorpori entrambe le linee vicinali con delle diramazioni a servizio dell'area urbana centrale.

Il progetto presentata prevede la riconversione delle due linee ferrovie private e la realizzazione di nuovi tratti di corsa, come una variante della linea di Grenaa per evitare l'attuale attraversamento di una vasta area boscata vincolata oppure la posa di circa 12 km di nuovi binari a servizio del congestionato quartiere di Randers, l'università, la *new-town* di Skejby con l'annesso nuovo polo ospedaliero regionale.

Il progetto prevede un servizio a doppia modalità: elettrica nell'area urbana di Arhus e diesel nelle tratte più periferiche. La variante sulla linea di Grenaa sarà utilizzata anche da servizi merci di prossimità.

Attualmente sono in corso di espletamento gli studi inerenti la Valutazione di Impatto Ambientale delle opere per cui si prevede l'emissione del parere definitivo entro il dicembre 2009. In seguito sarà aperta la Conferenza dei Servizi tra gli Enti ed i gestori dei servizi territoriali che porterà all'apertura dei cantieri per il primo trimestre del 2011: la prima tratta funzionale dovrebbe entrare in servizio per il secondo semestre del 2015.

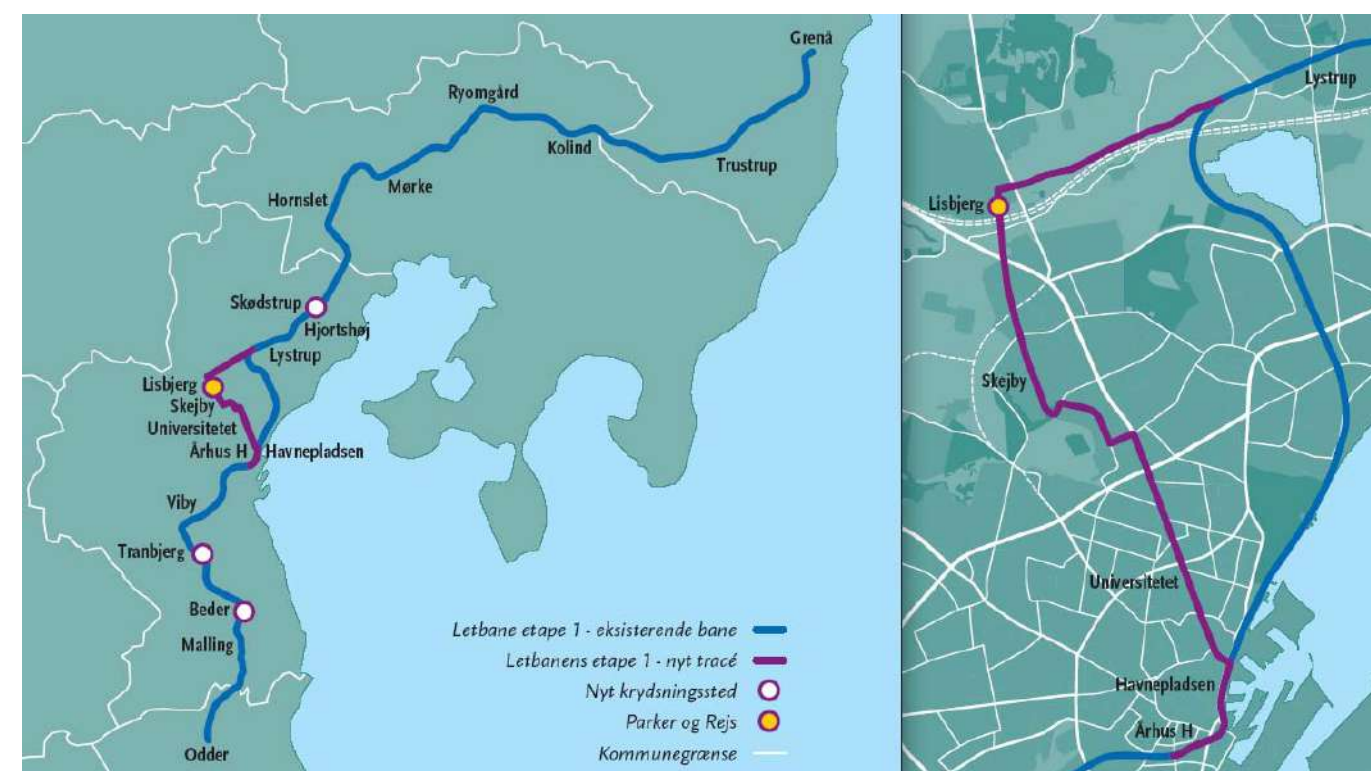


Fig. 37. Schema della linea di prima fase con il nuovo tracciato all'interno di Arhus.



Nel centro di Aarhus, dalla stazione centrale, la linea 1 procederà su sezione tranviaria verso l'area portuale: da qui è in valutazione l'eventuale prosecuzione verso il quartiere di Nordhavn con la posa della via di corsa legata alla realizzazione di un nuovo viale alberato. La possibilità di questo ulteriore prolungamento è però legata alla possibilità di ricevere ulteriori finanziamenti legati ad un più vasto piano di riqualificazione urbana delle aree portuali.

Il segmento urbano della linea di Grenaa che resterà fuori dal servizio sarà trasformato in un viale alberato con busvia centrale. Sulla linea di Odder si prevede invece la realizzazione di un breve tronchetto di collegamento con il sobborgo di Viby.

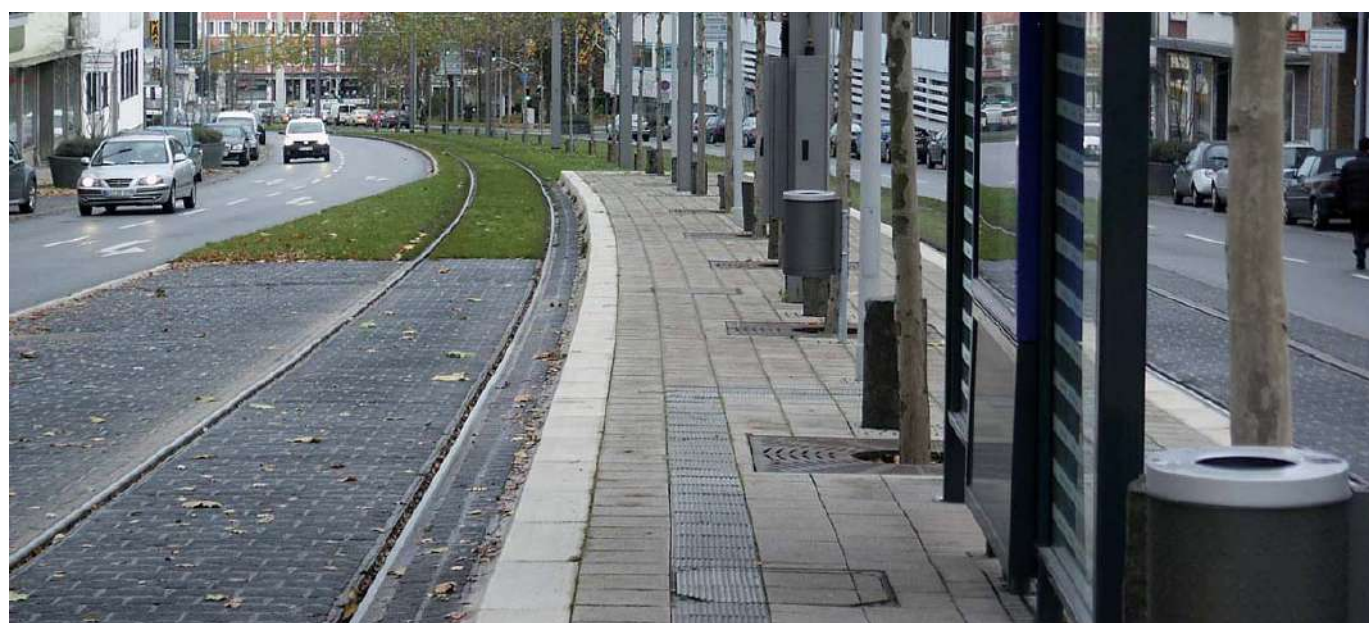


Fig. 38. Per il progetto di Aarhus il riferimento principale è il sistema REGIOTRAM di Kassel (Germania).

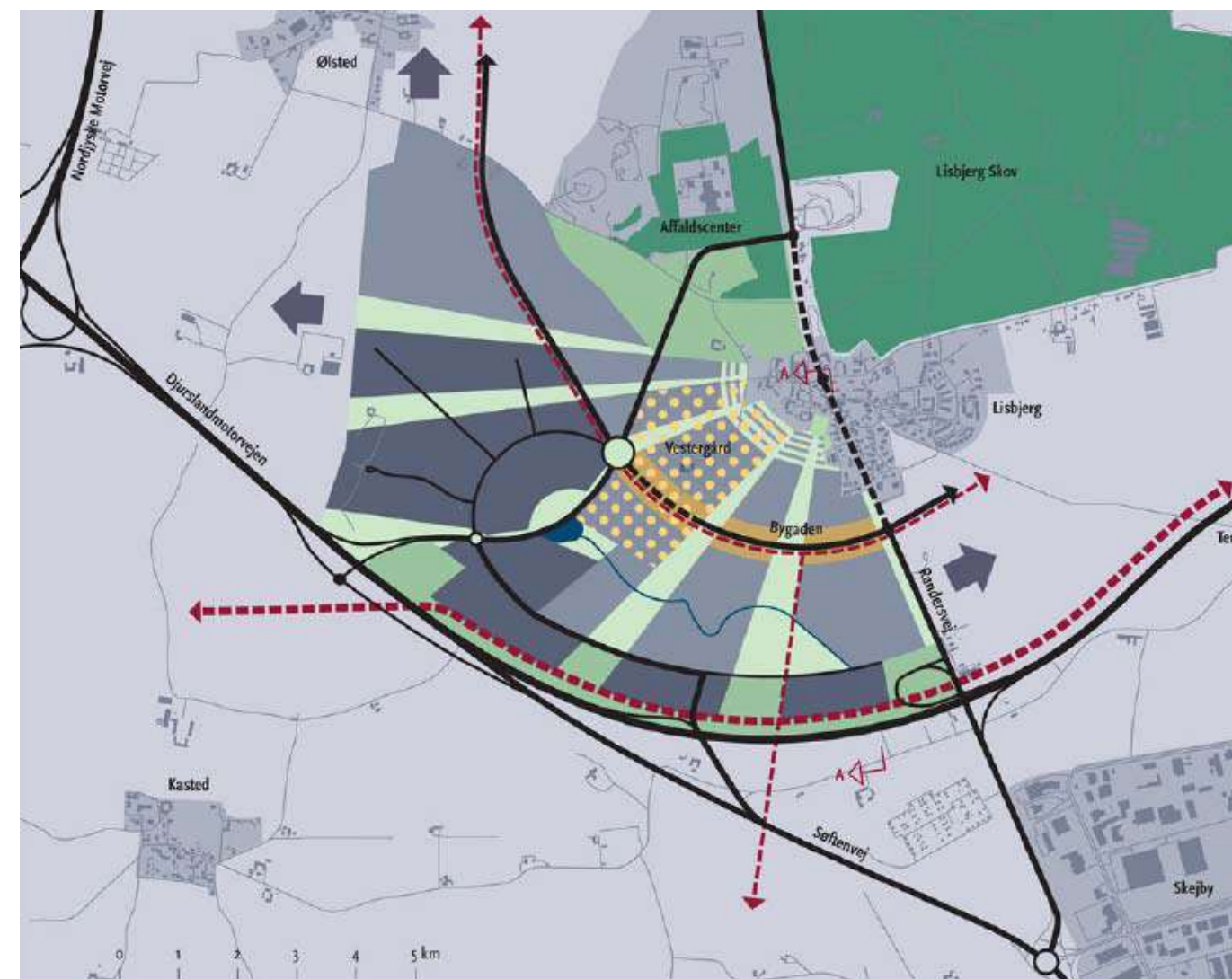


Fig. 39. Il progetto della linea è fortemente legato a progetti urbanistici di media e piccola scala.

Nel piano di lungo termine si prevedono delle estensioni verso la città di Brabrand, verso Hasselager con una diramazione della linea di Odder, Trige, Vejlbj e Hinnerup a partire dallo schema di fase 1. Queste linee saranno in gran parte realizzate con via di corsa dedicata e in parte con sede tranviaria promiscua. L'estensione verso Hinnerup dovrebbe proseguire in una terza fase verso Hadsten con integrazione della linea ferroviaria esistente. Alcune di queste linee saranno esercite con modalità ferrotranviaria mentre altre saranno a servizio esclusivamente ferroviario.

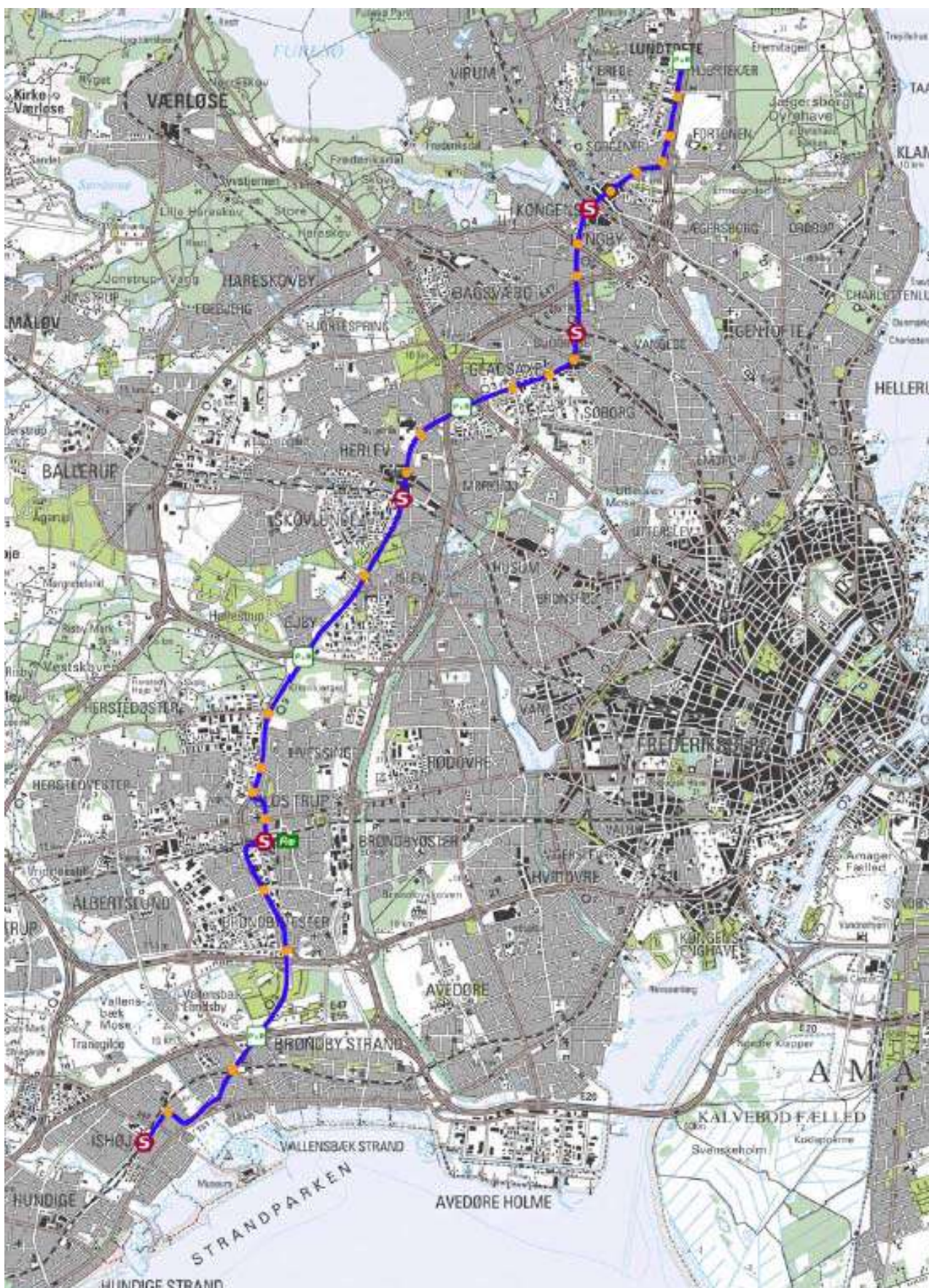
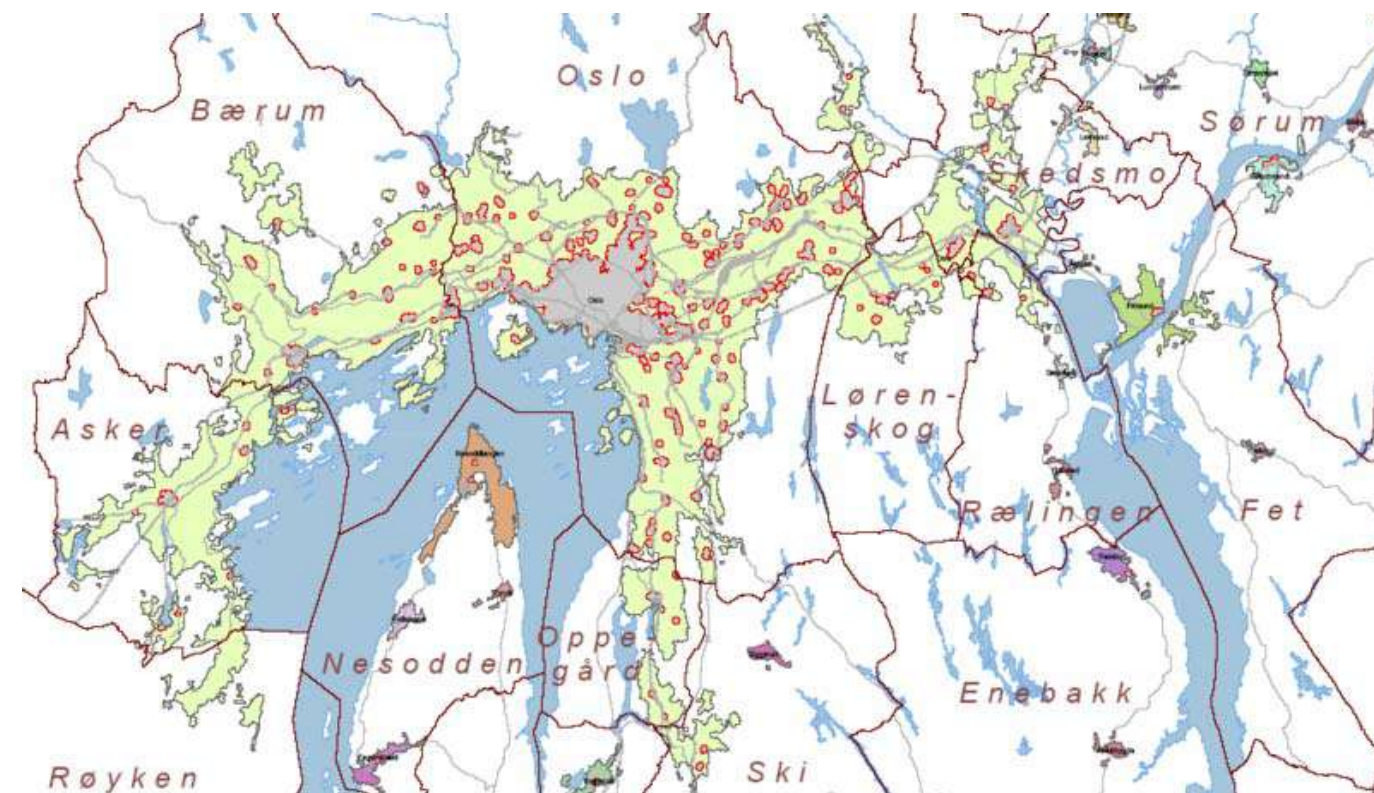


Fig. 40. Il sistema proposto ad Arhus, già a livello progettuale sta facendo avendo un notevole seguito in Danimarca: nella capitale Copenhagen è stato presentato a fine 2008 un sistema analogo per la nuova linea tangenziale esterna.

7.6. OSLOPAKKE 2 (Norvegia)

La capitale norvegese (comune di 462mila abitanti; 856mila nell'area urbana; 1.154mila nell'area metropolitana) è la città in Europa con la rete metropolitana e tranviaria più estesa in rapporto al numero di abitanti e alla superficie urbana.



Il sistema di trasporti pubblici a Oslo è gestito dalla società di trasporti urbani Ruter. Il sistema comprende metropolitana, tram, autobus e linee di traghetti, ma il servizio ferroviario regionale che è gestito dalle Ferrovie dello Stato NSB. Tutti i trasporti pubblici a Oslo, compresi i treni locali, opera sulla base di un comune unico di tariffazione a fasce, che consente il libero trasferimento su qualsiasi vettore entro un periodo di un'ora con un singolo biglietto. Nel 2004, 160 milioni di viaggi sono stati effettuati utilizzando i trasporti pubblici: di questi l'85% è stato gestito da Oslo Sporveier o da proprie filiali e il 15% da parte di compagnie private di autobus e singoli operatori di traghetti il cui servizio è regolato da contratti di esercizio con tariffe prefissate dall'Amministrazione.

Il sistema di tram, OSLOTRIKKEN, si compone di sei linee che servono in maniera pressoché uniforme il centro storico con estensioni verso alcune aree periferiche. Il servizio tranviario corre solo in parte lungo corsie preferenziali e per il 60% su sede promiscua. La rete della metropolitana, nota come T-BANE, collega la periferia orientale a quella occidentale e comprende tutte le sei linee che convergono in un tunnel passante sotto il centro storico di Oslo.

Nel marzo del 2006 è stata inaugurata una nuova tratta a nord del centro storico che collega Ullevål nel nord-ovest con Carl Berners plass a est. Due nuove stazioni, Nydalen e Storo, sono entrate in funzione nel primo semestre di esercizio mentre, una terza stazione, Sinsen, è stata aperta in un secondo momento. Questo nuovo tratto ha permesso di realizzare un servizio circolare di metropolitana attorno al centro della città. In concomitanza con l'apertura del nuovo servizio è stato ordinato del nuovo materiale rotabile che sarà consegnato entro il 2010.

Un sistema pubblico di noleggio di biciclette è stato inaugurato dal 2002. Con una carta di abbonamento elettronica, gli utenti possono avere una bicicletta accedendo da oltre 90 punti di noleggio in tutta la città.



Fig. 41. Veicolo tranviario con fermata. Il servizio tranviario esteso su 131,6 km trasporta circa 255mila passeggeri al giorno. Le linee sono numerate da 11 a 19.



Fig. 42. schema della rete tranviaria attualmente in esercizio.

L'azione di medio e lungo termine per il miglioramento e la razionalizzazione di una rete così complessa e il suo adattamento alle moderne esigenze di un'area metropolitana giovane e dinamica come quella della capitale norvegese è governato da un piano generale denominato OSLOPAKKE2.

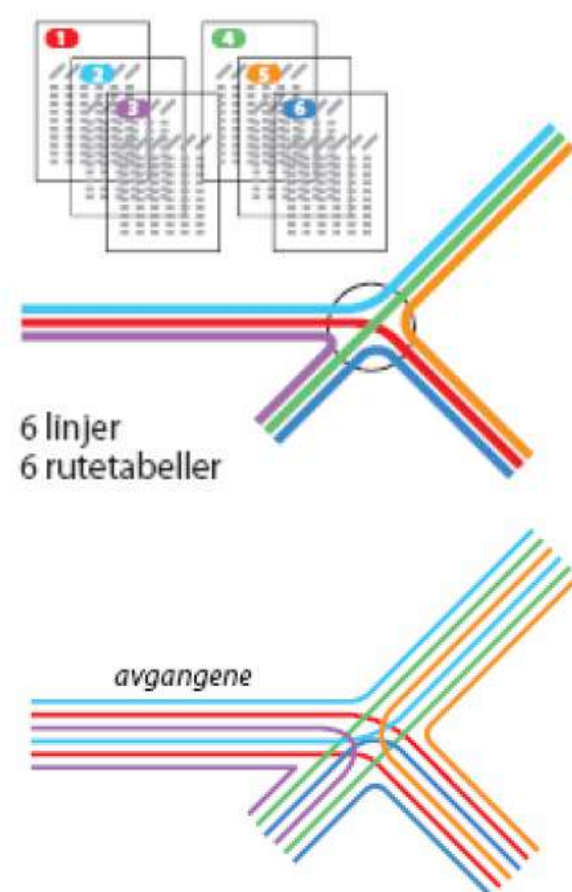
Elemento chiave che costituisce il motivo di estremo interesse dell'iter norvegese è la volontà non di realizzare nuove linee ma di puntare tutti gli sforzi sulla INTEROPERABILITÀ DELLE RETI. In sostanza adottare una tecnologia flessibile che permetta il servizio sulle infrastrutture esistenti, che siano metropolitane, ferrovie o tranvie, eventualmente migliorando l'offerta con brevi tratte di completamento o sfioccamenti verso nuove aree di sviluppo urbanistico.



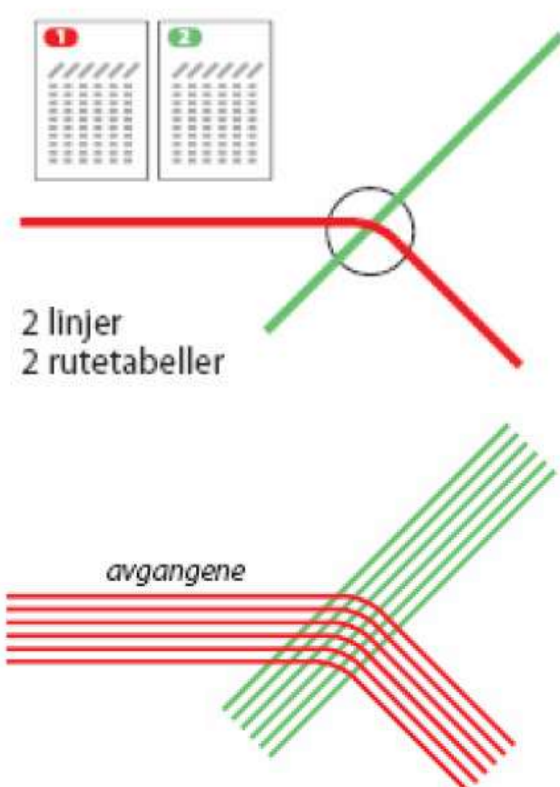
È stato condotto uno studio comparato su 50 casi europei³² che ha portato alla proposizione di un sistema TRAM-TRENO che possa utilizzare sia la rete tranviaria esistente ed correre verso le aree più periferiche dell'area urbana e della regione attraverso le linee metropolitane e le linee ferroviarie, al più attraverso l'aggiunto di un binario dedicato in affiancamento alla sede esistente.

Le azioni progettuali previste riguardano innanzitutto la semplificazione dell'offerta con intersezioni semplici e senza sovrapposizioni di servizi. Nel nuovo quadro razionalizzato le frequenze su ciascuna linea vengono incrementate. Migliorano i collegamenti centro-periferia.

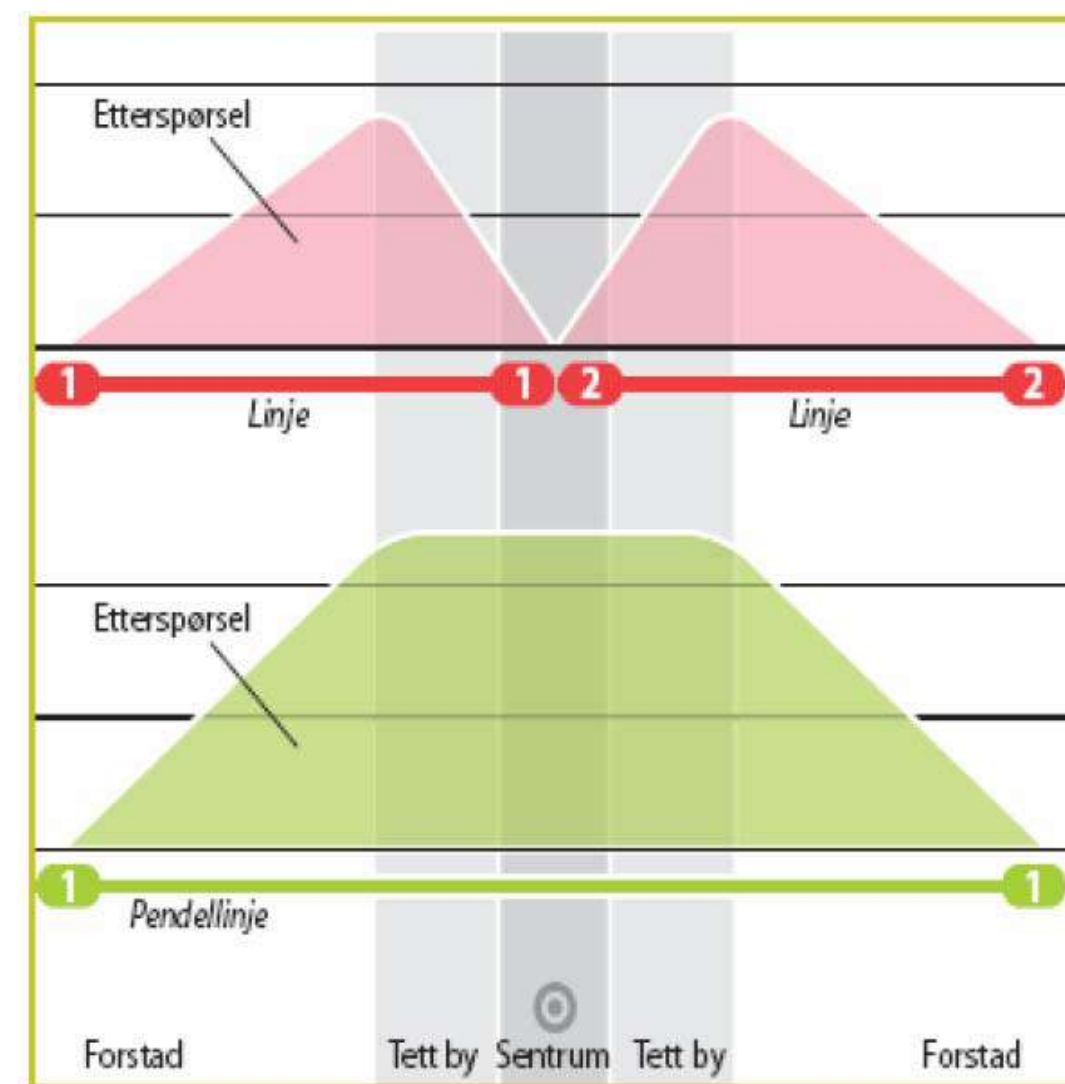
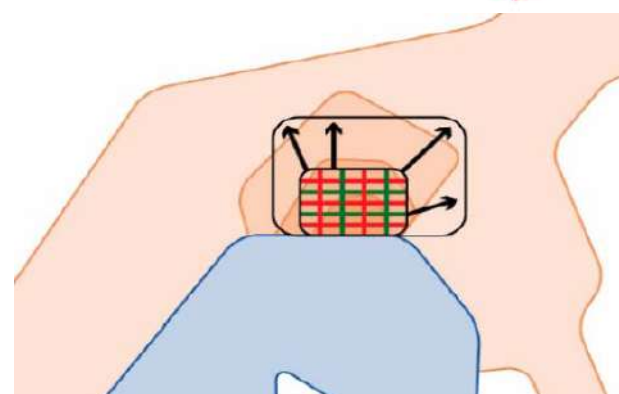
Linjenett "Direkteforbindelser uten omstigning"



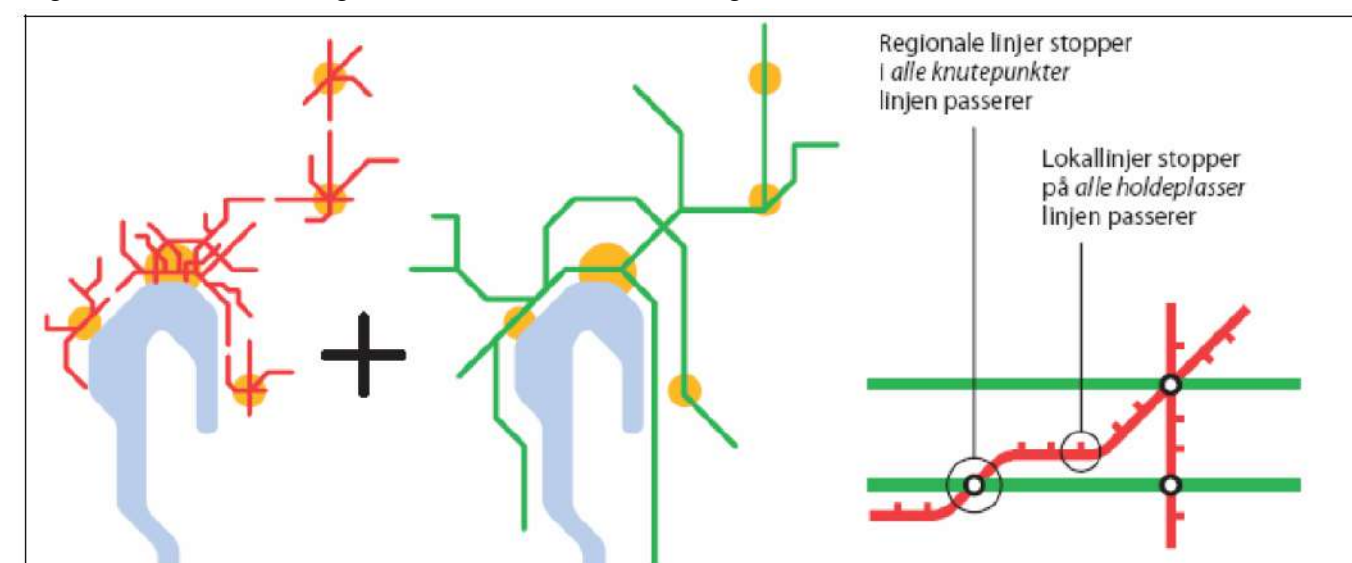
Linjenett "En strekning, én linje"



Altro elemento chiave raggiungibile attraverso la multimodalità di esercizio è proprio l'eliminazione delle rotture di carico attraverso la creazione di un'offerta di linee passanti che penetrino nell'area regionale offrendo un servizio di prossimità e continuità. Questa azione è l'unica in grado di garantire un cospicuo incremento del carico anche in sistemi "completi" come quello di Oslo.



Il processo di razionalizzazione e miglioramento dell'offerta prevede la FUSIONE di linee adiacenti con eliminazione delle rotture di carico: le analisi evidenziano come il carico di esercizio subisca un miglioramento nei valori giornalieri di utilizzo ed una miglior sfruttamento esteso a tutta la linea.

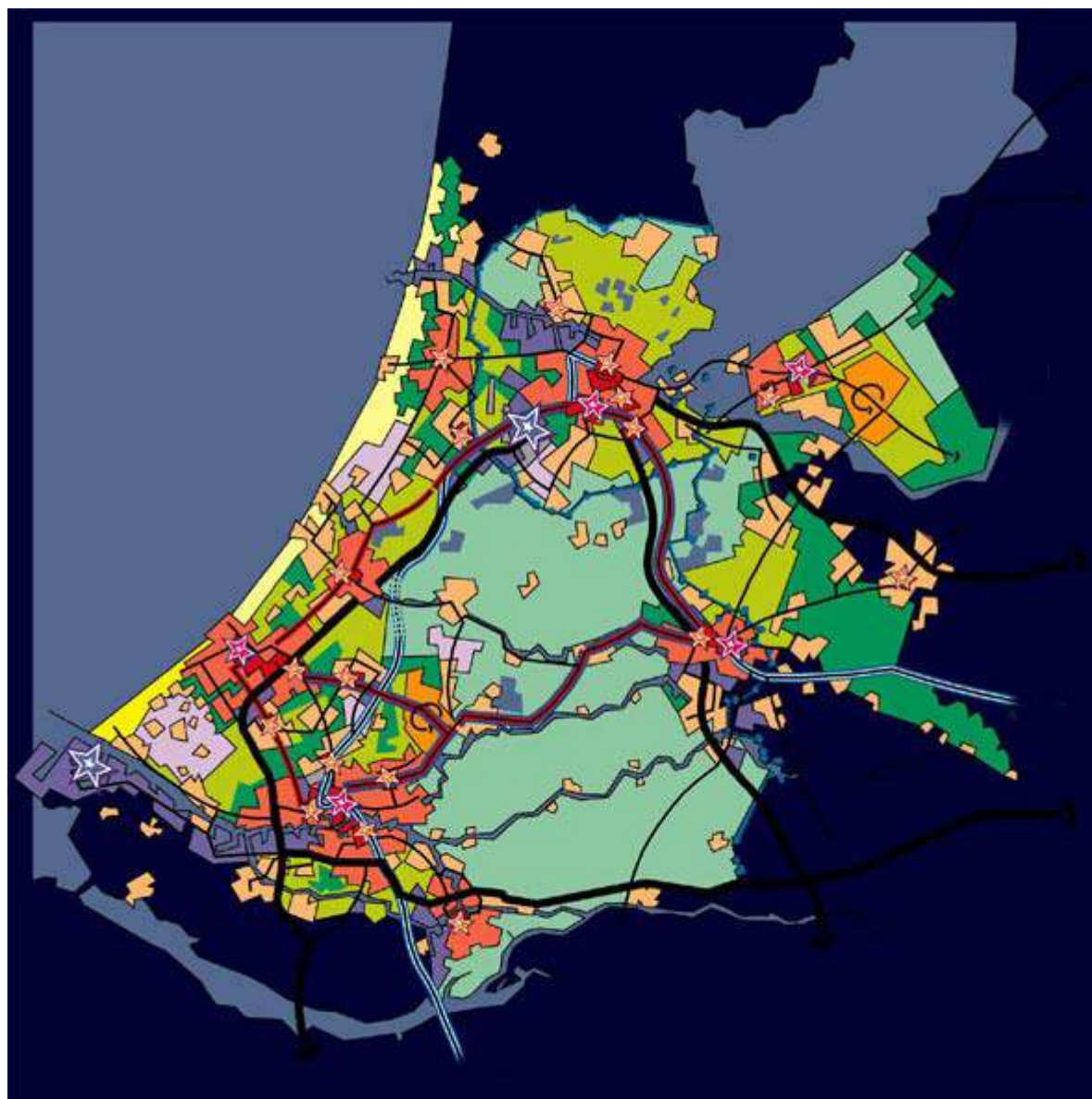


³² <http://www.oslopakke2.no/template=forside/filestore/OsloTTfinalreport06042005.pdf>.



7.7. IL TRAM-TRENO IN OLANDA

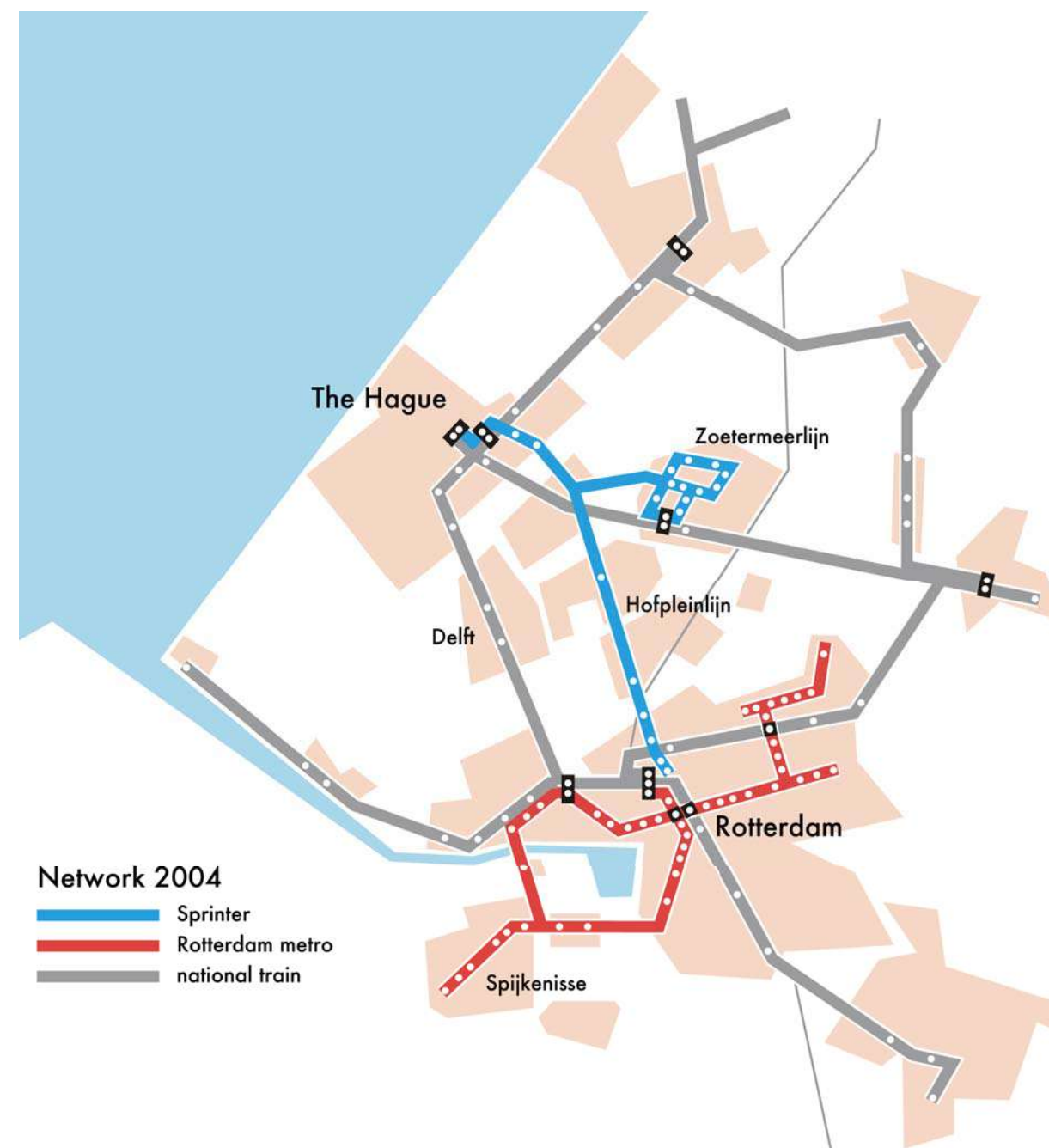
Prima che si iniziasse a discutere del ritorno del tram nella città di Groninga due progetti di tram-treno hanno creato un fortunato precedente nella pianificazione dei trasporti urbani e regionali in Olanda: la ferrovia del Randstad e il RijnGouweLijn.



RandstadRail è un progetto di ferrotramvia a servizio del quadrante meridionale della vasta conurbazione del Randstad³³. Il sistema collega la città di Rotterdam alla capitale amministrativa del paese, L'Aia e alla

³³ La Randstad (letteralmente *città anello*) è una grande conurbazione dei Paesi Bassi che comprende diciassette città, collegate tra loro da una complessa rete di trasporto stradale, ferroviaria e fluviale. Vi vivono oltre sette milioni di abitanti con una densità di 1.320 abitanti per chilometro quadrato. La Randstad è uno dei maggiori complessi urbani europei ed è uno dei rari esempi di sistema metropolitano realmente policentrico. Le funzioni amministrative,

città di Zoetermeer, con un efficiente servizio negli spazi periurbani che costituiscono il tessuto interstiziale tra i centri urbani maggiori. L'offerta si compone di tre linee: una diretta tra le grandi città di L'Aia e Rotterdam (Erasmuslijn) e due linee locali a servizio de L'Aja e Zoetermeer. Il nuovo servizio è stato subito congiurato come di RIUTILIZZO di linee e servizi preesistenti con un'offerta a scala regionale.

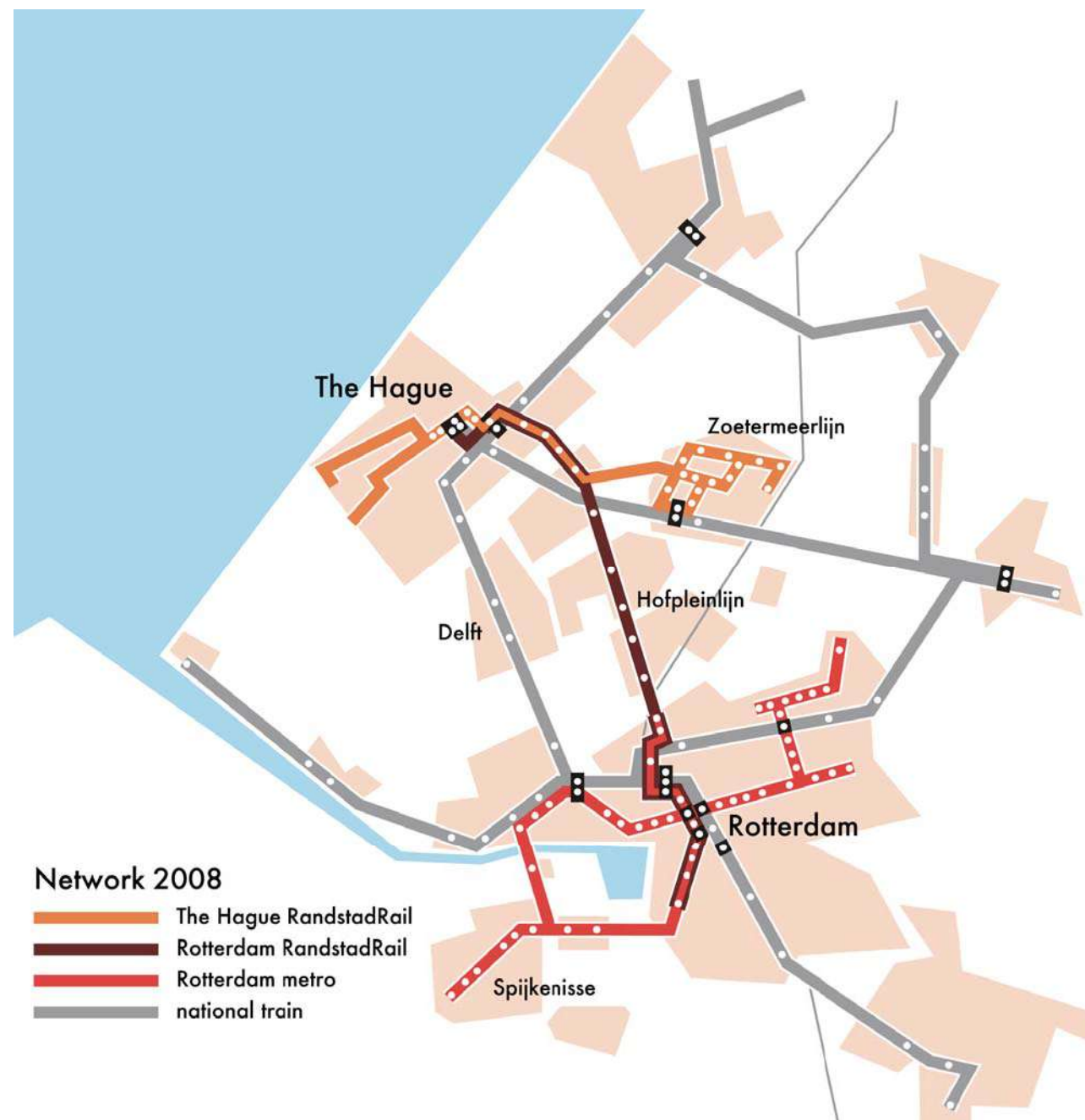


economiche e culturali sono decentrate nelle varie città che la compongono. L'Aia è la capitale politica in cui vengono esercitate sia le funzioni di governo che quelle amministrative; ad Amsterdam si trovano le grandi società finanziarie; Rotterdam ha un grande porto ed in essa si concentrano le industrie pesanti; a Leida, Haarlem e Hilversum si sono sviluppate come poli dell'industria leggera di precisione; Utrecht è un grande centro culturale legato ad un intensa attività artistica.



La linea principale, quella blu tra Rotterdam e L'Aia è stata “creata” congiungendo l'Erasmuslijn della rete metropolitana di Rotterdam con la sede ferroviaria preesistente presso la stazione di Hofpleinlijn. La sede ferroviaria è stata completamente riconvertita la nuovo servizio. Dal novembre 2006, dopo circa 4 anni di lavori, i convogli della RET hanno iniziato il servizio dalla vecchia linea blu verso la rinnovata stazione Hofplein alla volta de L'Aia. Lungo il percorso sono state realizzate diverse fermate di tipo ferrotranviario. Il primo periodo di esercizio è stato caratterizzato da alcuni problemi tecnici tra cui il deragliamento di una vettura, fortunatamente senza feriti né danni. I problemi sono scaturiti dall'avvio dell'esercizio quando il sistema di segnalamento non era ancora stato completamente rinnovato. La linea blu è per il 90% in rilevato ad eccezione del tratto sotto l' Hofpleinlijn e dell'ultima sezione nel cuore de L'Aia con due stazioni più spiccatamente metropolitane dotate di mezzanino intermedio.

Le linee 3 e 4 del sistema RandstadRail sono dei collegamenti ferrotranviari gestiti dalla HTM de L'Aia. Esempio notevole di integrazione ferrotranviaria completa, nascono dalla fusione di due sezioni della rete tranviaria de L'Aia con un tratto della linea blu verso Rotterdam ed una connessione alla linea ferroviaria vicinale che precedentemente effettuava servizio locale verso Zoetermeer. Le sedi tranviarie nel centro de L'Aia sono state completamente rinnovate e isolate (nonostante due connessioni di collegamento) dal resto della rete urbana. La linea 3 parte da Loosduinen, un quartiere sudoccidentale della seconda capitale olandese e, dopo aver servito la stazione centrale raggiunge il centro di Zoetermeer. La linea 4 parte dall'estrema periferia meridionale de L'Aia per raggiungere Zoetermeer percorrendo il vecchio servizio circolare urbano precedentemente svolto dal treno locale.



Il servizio in Zoetermeer è possibile grazie alla completa integrazione della linea ferroviaria locale, denominata Stadslijn. Si trattava dell'unico servizio ferroviario urbano presente nei Paesi Bassi, comparabile con le Stadtbahn tedesche o le RER francesi. Il sistema è stato completamente inserito nel la rete Randstadrail e non è più percorribile dal comune servizio ferroviario.



Ranstadlijn - linea 3 a L'Aia. Sede tranviaria.



Linee 3 e 6 della rete tranviaria de L'Aia. Servizio promiscuo con i veicoli Ranstadlijn.



Ranstadlijn - linea 4 a L'Aia. Sede tranviaria parzialmente protetta.



L'Aia, stazione di Spui: tratta sotterranea in galleria artificiale.



Tratta Leidschendam-Voorburg: lasciata la stazione centrale de L'Aia il servizio opera su tratta ferroviaria trasformata con via di corsa in rilevato alto.



Tratta urbana di Zoetermeer: il sistema percorre la linea ferroviaria a binario unico.



Tratta integrata tram/metro a Rotterdam: stazione Melanchthonweg. Sotto la stazione di Blijdorp.



Tratta Pijnacker-Nootdorp: servizio tipo ferroviario suburbano con stazioni a raso.





Dal 2011 la linea del Randstad sarà completamente integrata con la rete metropolitana di Rotterdam.



BOMBARDIER
FLEXITY

Due anni dopo l'apertura delle prime due linee del sistema RandstadRail un terza linea tipo REGIOTRAM collega il centro di Rotterdam con la stazione centrale de L'Aia (Den Haag Centraal). L'interconnessione dell'Hofpleinlijn ha permesso di unire le due città situate a una distanza di circa 20+700 km.

La linea Hofpleinlijn (Rotterdam - L'Aia) è stata una delle più avanzate linee ferroviarie ottocentesche essendo la prima connessione del continente europeo ad utilizzare l'energia elettrica per la trazione anziché il vapore. La linea era utilizzata in particolare dai residenti degli agiati quartieri borghesi della capitale olandese per recarsi presso le rispettive attività commerciali e produttive a Rotterdam. Subito dopo la guerra questi ricchi pendolari sono stati i primi ad acquistare il mezzo privato. Così inizia il lento declino dell'Hofpleinlijn che vede un traffico di soli 7.000 passeggeri al giorno, anche dopo l'adozione dei nuovi convogli Sprinter, verso la fine degli Ottanta.

Ma la situazione cambia con una velocità quasi sorprendente: nella primavera del 2006, la Hofpleinlijn è disconnessa dalla rete nazionale. Dal 2008 lo Statenwegtunnel collega la linea blu della metropolitana di Rotterdam con la ex-sede ferroviaria creando un unico collegamento diretto tra la stazione centrale de L'Aia, le principali stazioni della metropolitana nel centro di Rotterdam, la stazione Rotterdam Centraal e l'hub merci di Beurs. Successivamente sono inaugurate la nuova stazione sotterranea di Statenweg e quella in viadotto di Melanchtonweg. A causa del piano di incarrozzamento di 1,09 m i treni della RandstadRail non possono ancora utilizzare le infrastrutture della metropolitana. L'integrazione è prevista





nel lungo periodo con l'acquisto di materiale bimodale. La frequentazione della linea Hofpleinlijn ha raggiunto i 28.000 pax/giorno con un aumento del 400% in soli due anni di servizio.

Il nuovo tracciato sotterraneo renderà inutile il vecchio tracciato in viadotto della Hofpleinlijn: il suo recupero come elemento urbano di pregio è stato affidato ad una società privata. L'idea è quella di elaborare un progetto in grado di restituire alla città quello che prima era un elemento di divisione, sul modello della *New York High Line* oppure della *Promenade Plantée* di Parigi.



L'esercizio misto Randstadrail/metropolitano partirà nel 2010. Per questo esercizio è stato adottato un nuovo veicolo idoneo al transito sia sulla ex- Hofpleinlijn che sulla rete metropolitana tradizionale. I veicoli sono adattati tramite rimozione del sistema di controllo automatico della marcia (ATC) di bordo e l'equipaggiamento con il sistema di controllo ferrotranviario appositamente concepito per la linea del Randstad (sistema Siemens ZUB 222c). Il codice delle macchine è T SG2, che è diventato RSG2 per indicare la presenza del sistema ZUB. Le principali caratteristiche sono:

Lunghezza:	29,8 metri
Peso:	43 tonnellate
Numero di posti a sedere:	72

Numero di posti totali:	188
Velocità massima:	80 km / h
Numero di assi:	6
Numero di assi motore:	6
Potenza motrice per asse:	56 kW
Anno di produzione:	1980-1984
Anno di conversione:	2005-2006 da RET (nell'impianto di Waalhaven)
Produttore:	Düwag Düsseldorf
Alimentazione:	750 Vcc con doppio pantografo per veicolo
Equipaggiamento:	Durante la conversione, il sistema ATC – automatic train control è stato rimosso e sostituito con un impianto denominato ZUB – sistema appositamente concepito per il controllo della marcia sulla linea ferrotranviaria della linea RandstadRail Erasmus.



L'esercizio sulle linee 2, 3 e 4 della Randstadrail avviene con veicoli di tipo metrotranviaria con le seguenti caratteristiche:

Lunghezza:	42,7 metri
Peso:	64,3 t
Numero di posti a sedere:	104
Numero di posti totali:	166
Numero di assi:	8

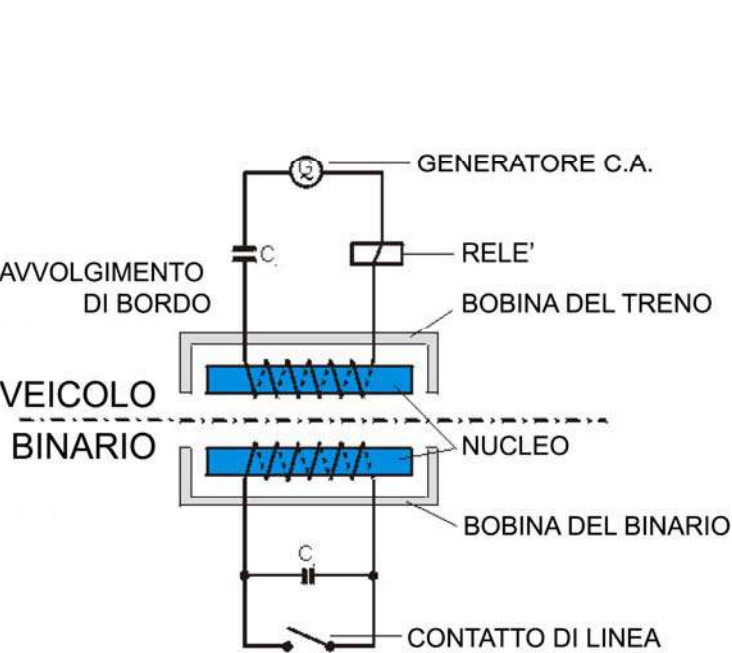
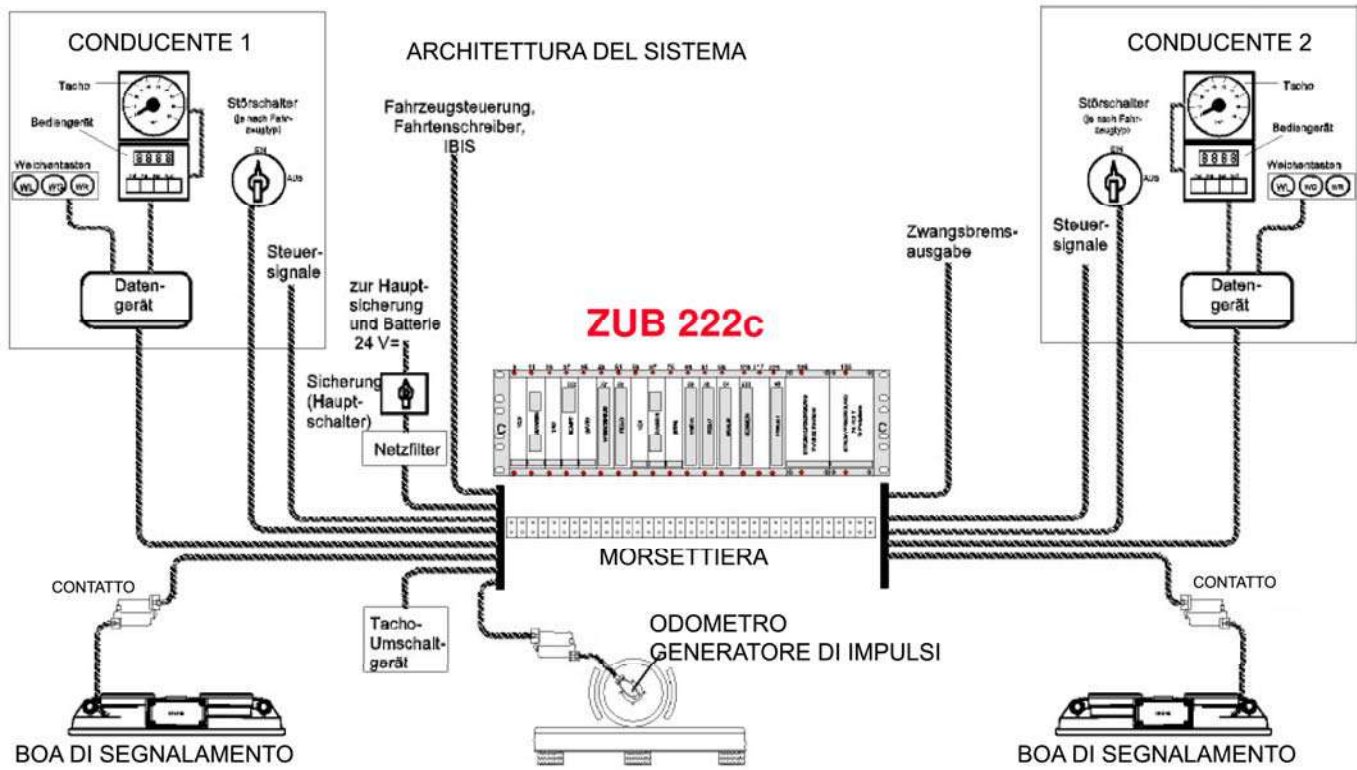




Numero di assi motore:	8
Potenza per asse:	130 kW
Anno di produzione:	2007-2009
Produttore:	Bombardier Transportation (Bautzen, Germania)
Alimentazione:	750 Vcc con doppio pantografo per veicolo
Controllo della marcia:	il veicolo è in grado di interfacciarsi sia con sistemi ATC che ZUB. In questo modo l'utilizzo è possibile su qualsiasi linea del sistema Randstadrail.

Per quanto concerne il segnalamento ci sono due sistemi di sicurezza attiva. Quello di tipo tranviario classico per sezione in tunnel denominato ARI, e il sistema ferrotranviario ZUB. ARI è molto meno raffinato della tecnologia ZUB (*Zugbeeinflussungs und Informationssystem*): il sistema si innesca comunque mantenendo un controllo costante della velocità ad un massimo di 50 km/h. ARI è concepito per ridurre al minimo l'attacco del sistema di frenatura d'emergenza. ZUB esercita un controllo dinamico della marcia permettendo di raggiungere velocità più elevate, mantenendo una marcia regolare.

Il sistema ZUB 122 / 222 (c) è già stato utilizzato sulle linee metrotranviarie di Stoccarda: prevede il monitoraggio continuativo della linea; una doppia via di trasmissione dei dati; protocollo di trasmissione Time-Division Multiplex a 850 Hz



BLOCCO AUTOMATICO



Sempre in Olanda il secondo progetto che ha funzionato come prototipo nazionale è il **RIJNGOUWELIJN**: la linea del Gouwe-Reno è un sistema di ferrotranvia a servizio dell'omonima regione nel sud del paese. Quando ultimato sarà il primo sistema nei Paesi Bassi dove il servizio avverrà in piena condivisione di tracce tranviarie urbane e tracce ferroviarie tradizionali su linea non riconvertita, proprio come il REGIOTRAM di Karlsruhe la linea storica di Saarbrücken, in Germania.



La linea ferroviaria coinvolta è quella che unisce Gouda a Leiden attraverso Alphen aan den Rijn. L'attuale binario sarà attrezzato con un segnalamento idoneo e arricchito da sette nuove fermate. Nella zona centrale di Leiden è prevista una nuova sede di tipo tranviario lungo la Breestraat. Il comune ha presentato due proposte alternative, una di utilizzo della sede ferroviaria esistente sino alla stazione centrale e una che prevede l'oneroso attraversamento del centro storico in tunnel tipo premetro. Il progetto della provincia è stato in extremis accettato anche dal comune nonostante un referendum popolare avesse espresso parere avverso. Dopo un nuovo confronto è stato approvato l'attraversamento a raso del centro storico lungo l'itinerario Hooigracht / Langegracht. I veicoli saranno dei Flexity Swift, prodotti dalla Bombardier Transportation.

Le banchine ferroviarie lungo il tracciato tra Gouda e Alphen aan den Rijn sono state rialzate per permettere l'incarrozzamento a raso. I veicoli sono tranviari urbani ma la linea è pur sempre un tracciato ferroviario regionale: molti utenti hanno espresso qualche critica circa l'assenza di servizi igienici o della prima classe.. un riscontro positivo hanno invece le ampie vetrature tipicamente urbane.





Fig. 43. tratta extraurbana lungo la strada statale Alphen-Gouda.



Fig. 44. Servizio urbano con sede in affiancamento a linea ferroviaria nazionale.

7.8. NUOVI SISTEMI FRANCESI

Il tram di seconda generazione è nato in Francia negli anni Ottanta e l'esagono non poteva rimanere in disparte nemmeno nel campo dei tram-treno: progetti di tram-treno di seconda generazione sono in realizzazione sia a Nantes che a Lione, mentre studi di fattibilità sono in corso sia a Tolosa che a Le Havre.



Certa è la riapertura della ferrovia Nantes-CHATEAUBRIANT, che sarà tranviarizzata completamente pur mantenendo le caratteristiche di ferrovia vicinale ed entrerà in servizio nel 2012. Nel periodo 2009-2010 sarà entrerà in servizio con un più spiccato servizio ferrotranviario la Nantes - Nort-sur-Erdre già in servizio come linea regionale. La linea sarà gestita proprio dalle SNCF con veicoli del tipo Citadis DUALIS, progettato e costruito dalla Alstom. Le SNCF hanno ordinato 31 veicoli per il servizio in diverse aree urbane francesi, con una opzione che potrebbe portare il totale a 200 veicoli per il 2012. Per la Alstom il veicolo RegioCitadis (costruito da Alstom in Germania per i sistemi di Kassel e RandstadRail) rimane il veicolo tipo per le relazioni ferrotranviarie, mentre il DUALIS è concepito più come un treno-tram. Per questo le linee proposte come tram-treno ed esercite dalle SNCF spesso non sono seguite da

un progetto di connessione di rete e rimangono in esercizio isolato - proprio come la linea per Nort-sur-Erdre a differenza di quella per Chateaubriant che sarà completamente integrata nella rete tranviaria di Nantes. L'integrazione con la linea 1 della ferrovia per Nort-sur-Erdre comporterebbe un aggravio dei costi di spesa (dai 5-7 M€/km ai 28-30 M€/km) che le SNCF non hanno intenzione di mettere in preventivo al medio termine.

Primo sistema propriamente ferrotranviario francese è la **LINEA T4 DI PARIGI**: una linea tangenziale di collegamento tra il tracciato ferroviario della linea B della RER a quello della linea E. La Linea T4, conosciuta anche come "*Ligne des Coquetiers*" è una linea effettuata con tram-treno al di fuori dei limiti del comune di Parigi, che opera anche su parte delle linee SNCF, collegando la stazione RER Bondy con Aulnay-sous-Bois. È stata aperta il 18 novembre 2006; diversamente dagli altri tram dell'Île-de-France, la T4 è gestita dalla SNCF.



Materiale rotabile	Siemens Avanto S70
Stazioni	11
Lunghezza	7+811 km
Distanza media tra le stazioni	790 m
Passeggeri per anno	13.000.000 (sei i comuni serviti)

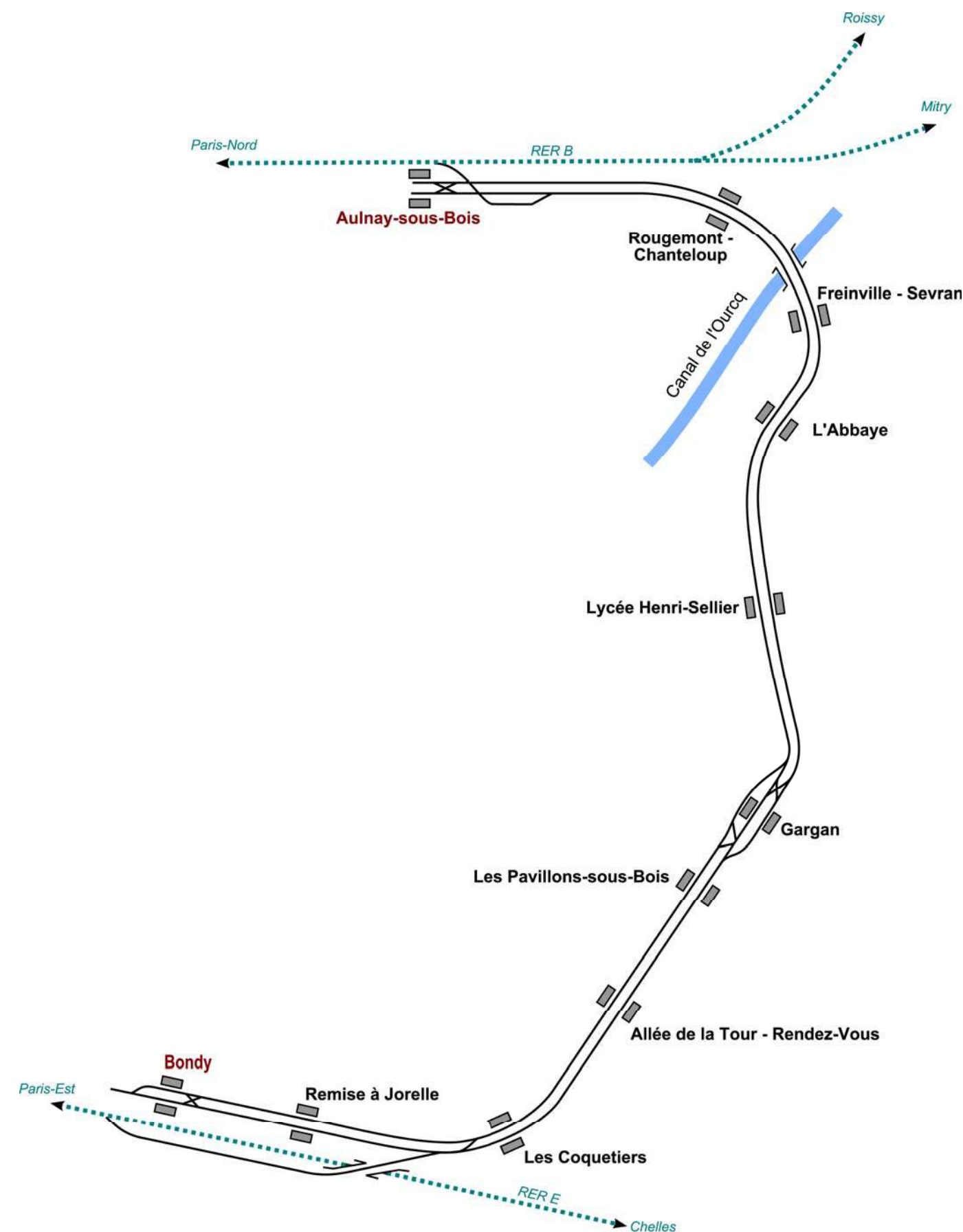


Fig. 45. Diagramma schematico della linea ferrotranviaria T4 di Parigi.





Fig. 46. Parigi, linea T4 Aulnay-sous-Bois – Bondy: sezione tranviaria urbana.



Fig. 47. Parigi, linea T4 Aulnay-sous-Bois – Bondy: sezione ferroviaria.

Il caso di Aulnay-Bondy (tram linea 4 della Île-de-France), anche se ampiamente riconosciuto come tram-treno è un caso speciale di ibridazione tra il tram e ferrovia "classica", con la stessa alimentazione di linea elementi ferroviaria (elettrificazione a kV - 50 Hz), una sede di tipo classico e materiale rotabile più propriamente tram-treno (Avanto).

Diversi altri casi riguardano invece la tranviarizzazione di sedi ferroviarie dismesse: un esempio classico è la linea Lyon-Leslye.

Un terzo caso è costituito dall'utilizzo di materiale tranviario su side ferroviarie staccate dal servizio regionale con la predisposizione per future interconnessioni di rete a carattere provinciale e regionale: è il caso della futura tangenziale Île-de-France Nord, della linea Nantes - Chateaubriant, della linea Nantes - Clisson e della linea dell'ovest lionnese.

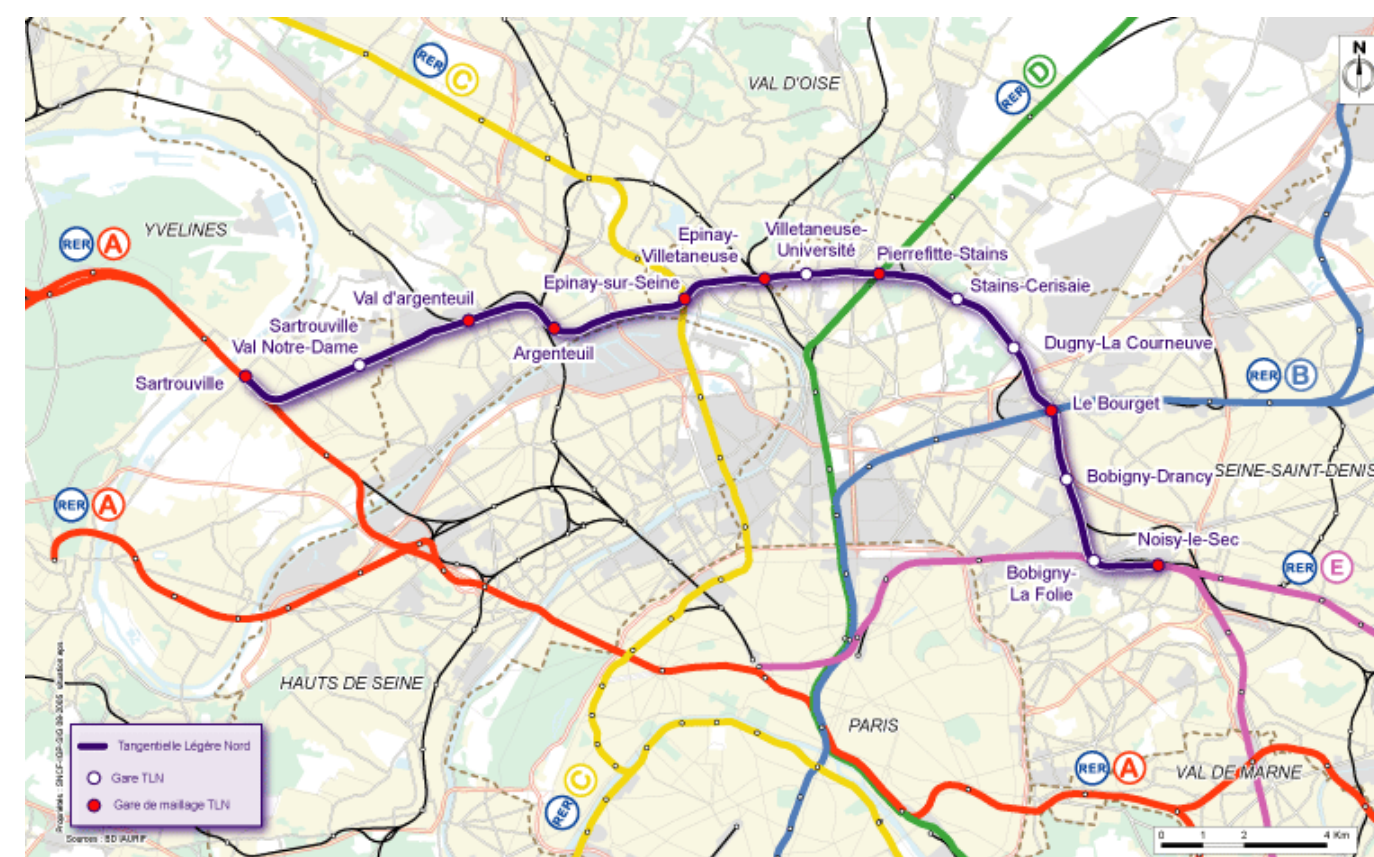
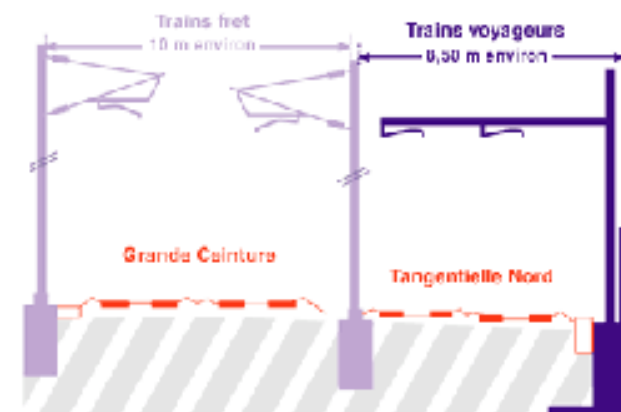


Fig. 48. Tracciato previsto per il collegamento ferrotranviario a nord della capitale francese (Tangentielle Nord).



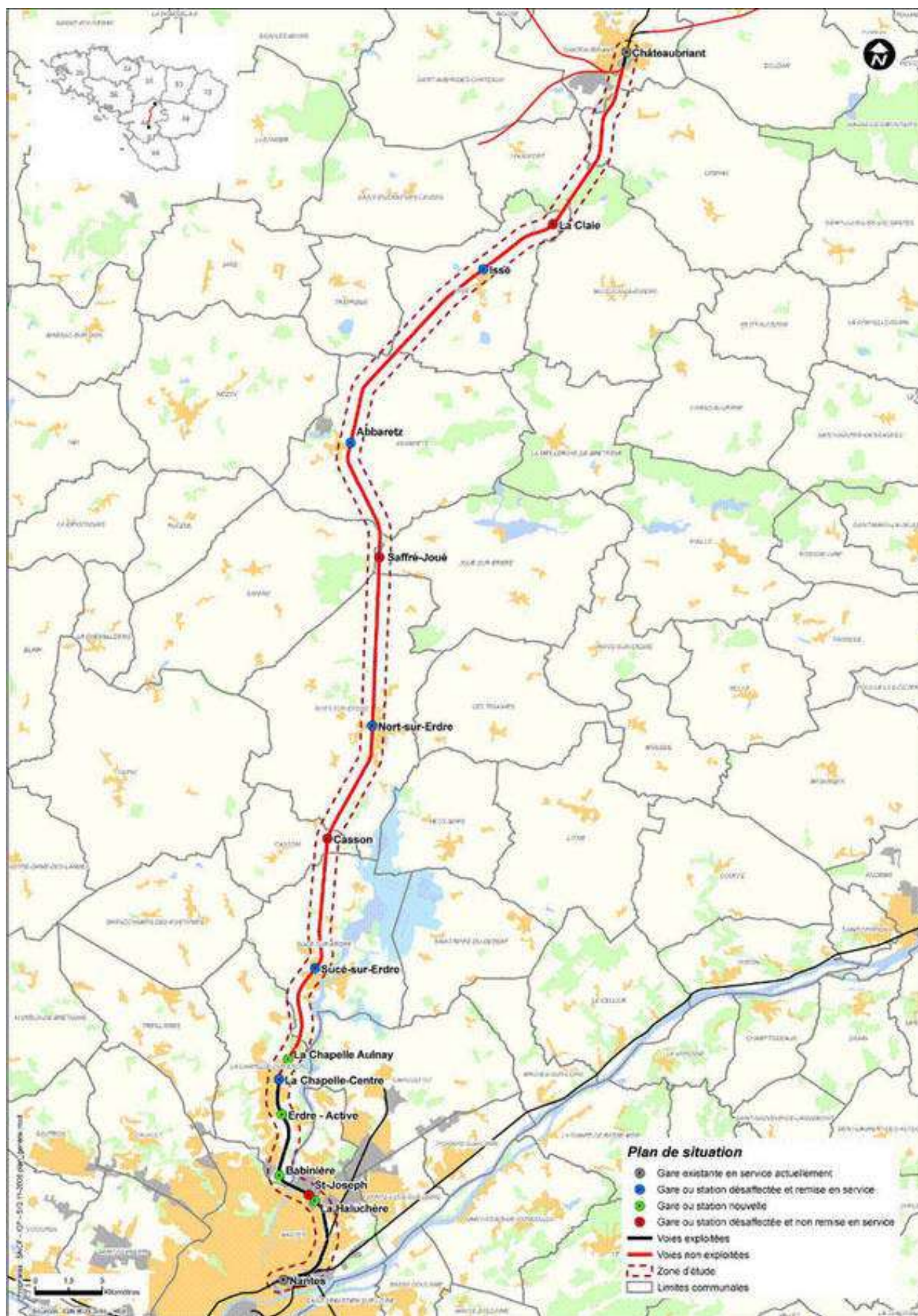


Fig. 49. Tracciato della linea Nantes-Chateaubriant.



A Lione il servizio ferrotranviario nel medio periodo farà la sua comparsa su due linee. Il progetto **OUEST LYONNAIS** è stato elaborato dalla Regione Rhône-Alpes per migliorare la mobilità nel quadrante occidentale dell'agglomerazione di Lione attraverso il miglioramento delle relazioni ferroviarie dalla stazione Saint-Paul verso Brignais, L'Arbresle, Sain-Bel, e Lozanne. La connessione alla rete tranviaria urbana di Lione è prevista per il medio periodo (fase II).

Si prevede un aumento dei pax/giornalieri dagli attuale 6.400 ai 13.200 per il 2012, trasportati da 180 treni/giorno. Il protocollo di finanziamento è stato firmato l'8 ottobre 2007 tra il Ministero delle Infrastrutture, la regione del Rhône-Alpes, la Comunità Urbana di Lione, il dipartimento del Rhône, RFF e la SNCF. L'ammontare totale è di 294,7 M€ (fase I e II) di cui: 143 M€ per le infrastrutture; 102 M€ per il materiale rotabile; 29,5 M€ per la riqualificazione e la costruzione di nuove fermate; 20,2 M€ per il centro di manutenzione e ricovero.

Il costo chilometrico di investimento è di 4,55 M€/km.

	2007	2012	Gain
SAIN BEL – SAINT PAUL	53 mn	38 mn	15 mn
LOZANNE – SAINT PAUL	43 mn	36 mn	7 mn
BRIGNAIS – SAINT PAUL	31 mn	20 mn	11 mn

Tempi di percorrenza sulle tratte interessate dal progetto OUEST LIONNAISE.

	Gares	Infrastructures	matériel	maintenance	Participation
Etat	0,5	15,67			16,17 M€
Région	13,2	87,07	102	19,5 *	221,77 M€
RFF		15,2			15,2 M€
SNCF	3,7			0,7 *	4,4 M€
Département du Rhone	1,1	12,51			13,61 M€
Grand Lyon	12	12,51			24,51 M€
CCPA	3,5				3,5 M€
CCVG / Brignais et Chaponost	0,49				0,49 M€
Lozanne et CCBVA	0,91				0,9 M€
Lissieu, CCMOA	0,12				0,12 M€
Sytral					
Total					294,7 M€

Travaux sur l'infrastructure pour 2012

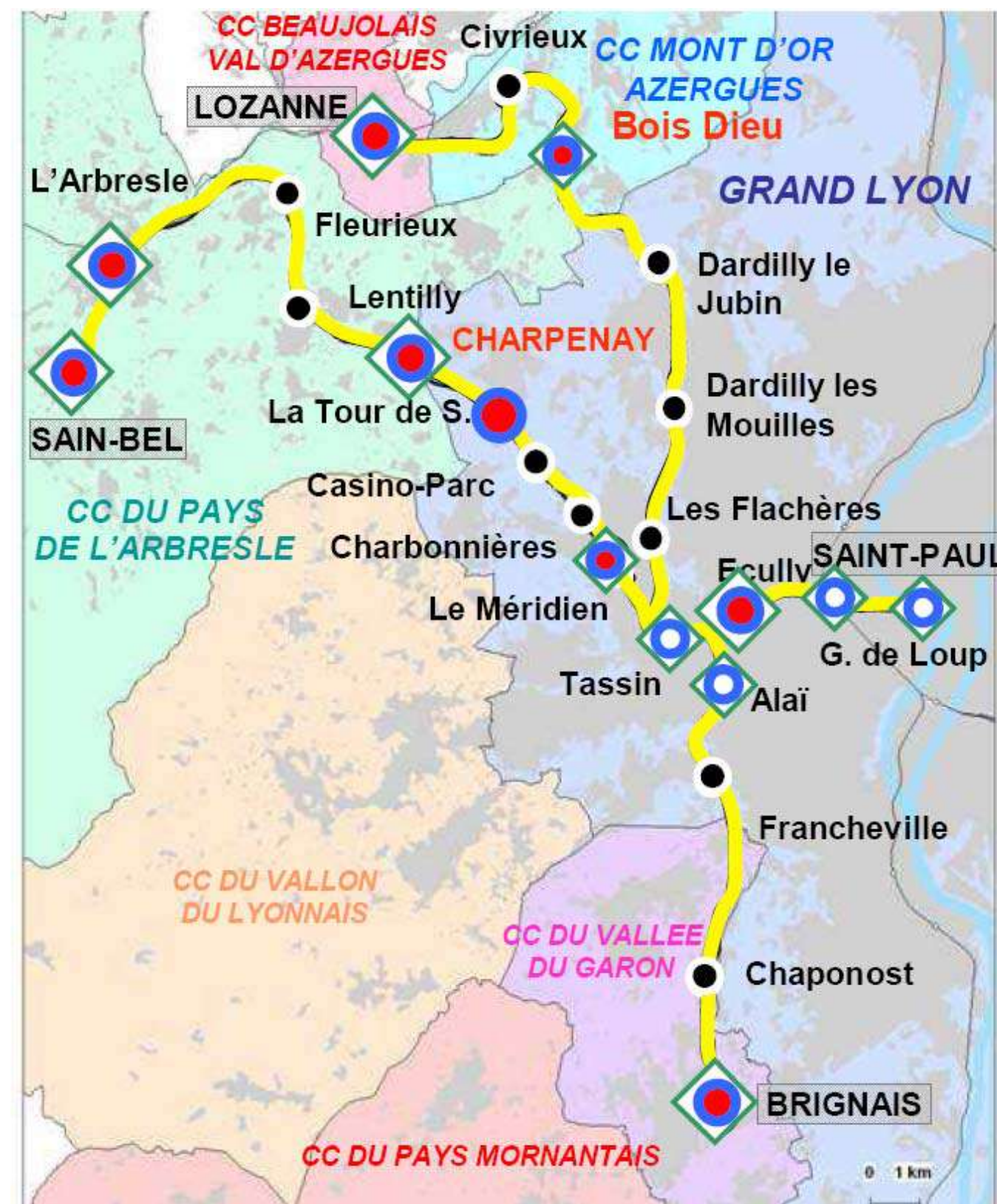
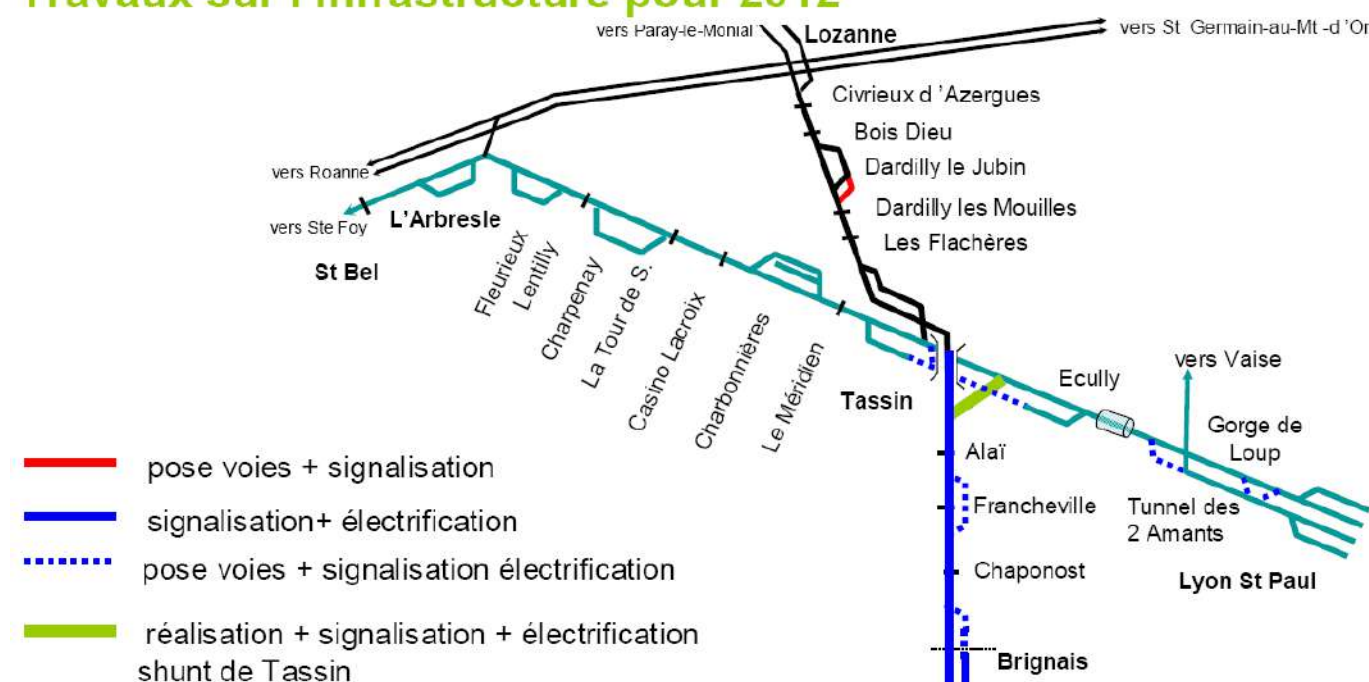
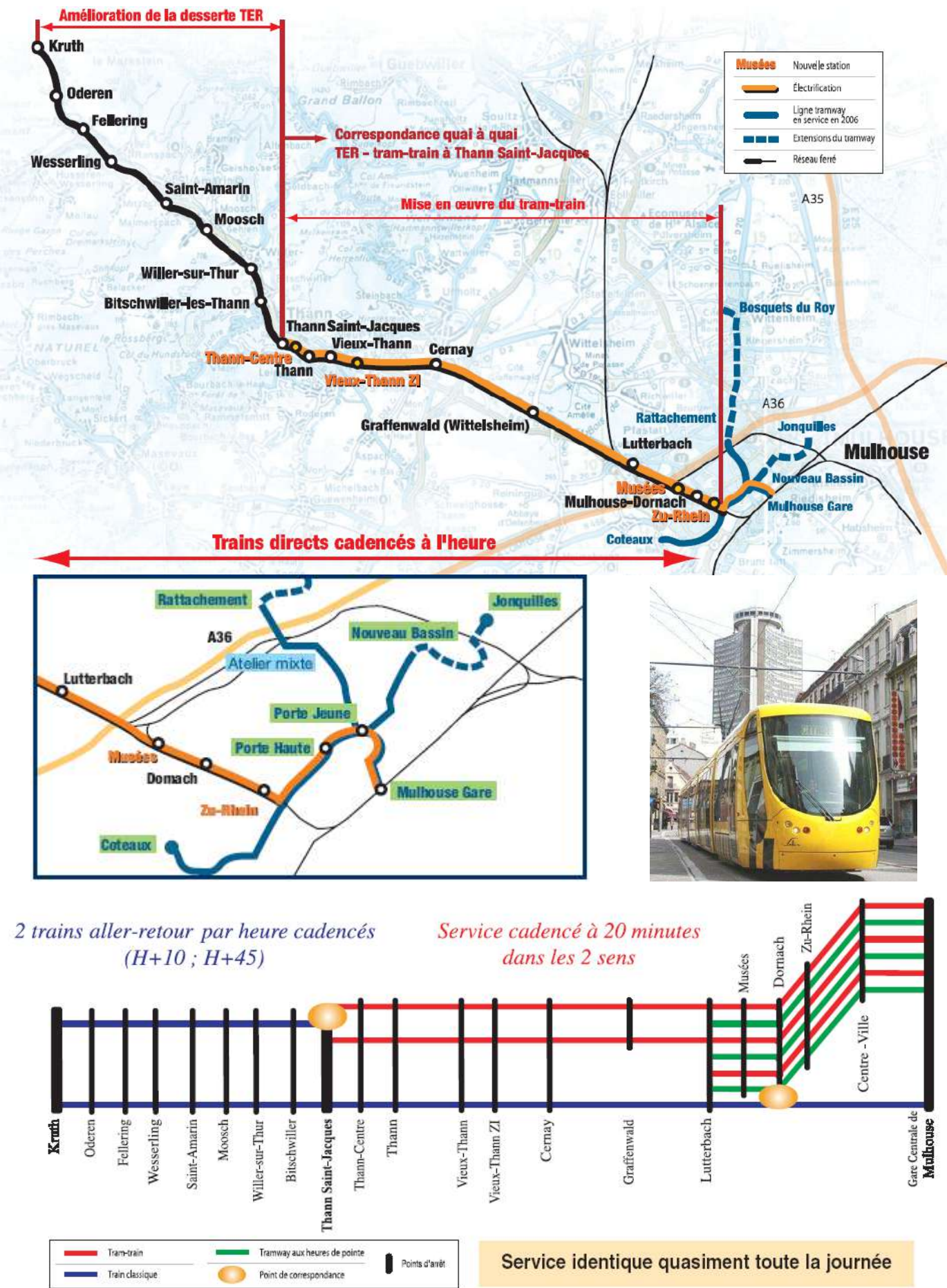


Fig. 50. Progetto OUEST LIONNAISE: schema di rete. La linea Lyon Saint-Paul – Sain-Bel, oggi servita da una relazione ferroviaria suburbana, è lunga 23,7 km. La linea Lozanne-Tassin-Brignais misura invece 31,6 km (fase II). Il costo al km del progetto è di 4,55 M€/km.





Molto interessante è il progetto di Tram-Treno della valle del Thann presso Mulhouse, seconda città alsaziana situata presso il confine elvetico. La città di Mulhouse ha 110mila abitanti ma la sua area urbana si estende su 24 comuni per 243mila abitanti. La valle di Thann e Kruth conta 55mila residenti.

È il primo progetto in Francia sostenuto da tutti gli attori della mobilità del territorio: Regione Alsazia, RFF, SNCF (Ferrovie dello Stato francesi), Provincia di Haut Rhin, SITAM (Agenzia della Mobilità dei comuni di Mulhouse), SOLEA (società mista, gestore della rete della SITAM).

Il progetto si compone di una prima fase di attivazione di due linee urbane di 5 e 7 km. La rete è già operativa: i passeggeri giornalieri trasportati nel 2008 sono stati 42.000. il progetto urbano si componeva di 44 singole azioni correlate al tram, tra cui la piantumazione di 1.200 nuovi alberi; la creazione di 40.000 m² di verde attrezzato; la creazione di 14 km di pista ciclabile; la completa ristrutturazione della rete di bus.

La valle del Thann è caratterizzata da una strada statale fortemente trafficata che corre lungo una ferrovia non elettrificata di 37 km in forte perdita di viaggiatori.

La fase II del progetto prevede un'offerta più completa e soprattutto più rapida attraverso un collegamento diretto con il centro di Mulhouse. I viaggi di andata e ritorno al girono dovrebbero passare dagli attuali 24 a 54 con un aumento del 600% della capacità.

TRAMVIA

Materiale rotabile	49	M€
Deposito	13	M€
Infrastrutture e progetto	188	M€
Totale	250	M€

FINANZIAMENTO

Contributi (Stato e Regione)	41	M€
Leasing materiale rotabile	49	M€
Patrimonio netto Agenzia	25	M€
Mutuo	135	M€

Risorse dell'Agenzia: il *versement transport* (tassa dell'1,8% sul costo del personale delle aziende private e pubbliche della Comunità di Comuni)

Per la tranvia urbana di Mulhouse si è avuto un costo di investimento pari a 20,83 M€/km.

Per la tratta extraurbana il costo di investimento è pari a 5,10 M€/km.





TRAM TRENO PERIURBANO

Infrastrutture	101	M€	Di cui 85 M€ per la prima fase
Deposito	10	M€	Di cui 10 M€ per la prima fase
Materiale rotabile	77	M€	Di cui 53 M€ per la prima fase
Totale	188	M€	

FINANZIAMENTO

Dei 147 M€ della prima fase:

			Ripartizione:
Regione	70	M€	
SITRAM	31	M€	
Stato	27	M€	
Provincia	11	M€	
Ferrovie dello Stato	8	M€	

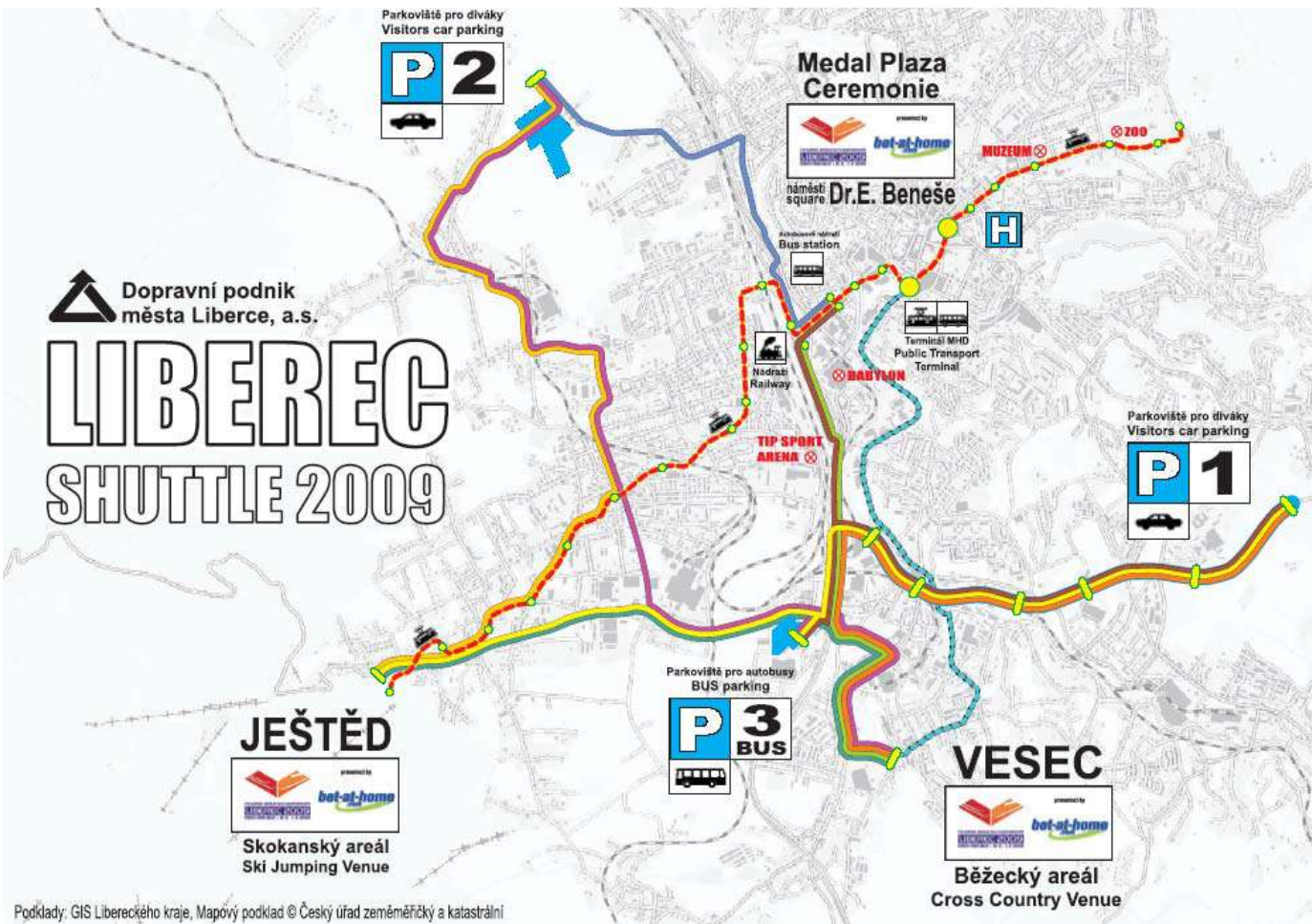


7.9. REGIOTRAM NISA (Repubblica Ceca/Polonia)

Il progetto Nisa Regiotram è una classica applicazione del modello Karlsruhe di connessione della rete ferroviaria regionale del Liberecký kraj con la rete tranviaria urbana di Liberec, capoluogo nel nord della Repubblica Ceca. Il sistema, prevista per l'attivazione al 2007, sta registrando dei ritardi nell'avanzamento dei cantieri, principalmente per un ritardo nelle fonti di finanziamento avendo il Ministero delle Infrastrutture spostato la priorità al nodo praghese.



Il progetto, presentato nel 2000, prevede la realizzazione di una rete mista a scartamento ordinario/metrico. Rimane la validità di un progetto che prevede l'integrazione di tre sistemi (tram, ferrovia regionale, rete vicinale a scartamento metrico) con inserimento in un contesto estremamente interessante.





Vratislavice nad Nisou – confronto ante/post.

Vratislavice nad Nisou – confronto ante/post.



Vratislavice nad Nisou – confronto ante/post su tratta extraurbana.

La regione ceca di Liberec, relativamente all'area compresa tra i fiumi Nisa e Kamenice, conta circa 200.000 abitanti, i cui spostamenti sono intercettati per ben il 60% dai mezzi di trasporto pubblici.

Tuttavia la rete dei trasporti presenta una netta divisione tra linee suburbane (ferroviarie e bus) e sistemi di trasporto urbano (Hradec, Liberec, Jablonec), con scarsa omogeneizzazione dei punti di interazione e interscambio; da qui l'esigenza di proporre un sistema di trasporto regionale (Regio Tram Nisa o RTN) teso (in prima fase, detta RTN-1) ad armonizzare (mediante scartamento omogeneo) ed ammodernare (con nuove apparecchiature, nuove tratte a doppio binario, fermate aggiuntive, etc.) le linee esistenti (tranvie e ferrovie locali), sviluppato lungo la direttrice Hradec-Liberec-Jablonec; lungo la tratta Proseč-Jablonec-Nisou Lower Railway-Jablonecké Paseky è prevista, in particolare, una condivisione dei binari tra tram duali e treni suburbani.

Il progetto complessivo, prevede la possibilità di estendere (in più fasi) la rete di Liberec al collegamento di Zittau in Germania e Jelenia Góra in Polonia, essenzialmente sfruttando ferrovie regionali esistenti.

La spina dorsale della rete ideata combinerà tratte ferroviarie nazionali (Hradec-Liberec, diesel), tratte regionali (Liberec-Proseč -diesel-, Proseč-Jablonecké Paseky) e tratte tranviarie (Liberec-Vratislavice, Vratislavice-Proseč, Jablonec Lower Railway Station-Jablonec Spa), ciascuna con caratteristiche proprie (diesel/750 V CC, binario singolo/doppio), fermo restando lo scartamento (standard, in ogni caso).

Tra le opere previste:

- ammodernamento delle tratte ferroviarie Hradec-Liberec e Liberec-Jablonecké, con aggiunta di nuove fermate;
- adozione di scartamento standard e raddoppio del binario unico a Liberec nelle tratte tranviarie Fugnerova-Vratislavice e Railway Station-Fugnerova (quest'ultima interessata da percorrenze di tipo tram treno con condivisione dei binari);
- adozione di scartamento standard per le tratte tranviarie a binario unico Vratislavice-Proseč e Jablonec Lower Station-Jablonec Spa;
- elettrificazione a 750 V della ferrovia regionale tra Proseč e Jablonecké Paseky.

Il rotabile sarà di nuova concezione, con capacità di funzionamento duale (tram treno, diesel/elettrico) e pianale ribassato.



Nazione	Repubblica Ceca
Linea	RegioTram Nisa (RTN)
Abitanti	Liberec, area urbana 112.297 Area metropolitana 233.790
Anno di apertura	2010 (fase RTN-1)
Previsione di completamento della linea:	il progetto prevede altre 6 fasi di sviluppo oltre a quella descritta (fase 1)
Lunghezza (km)	46.2
Tipologia di tracciato	--
Stazioni	40, distanza media m 1250
Banchine	--
Porte di Banchina	--
Caratteristiche generali	--
n. mat. rotabile	--
n. vett.per convoglio	--
Tipologia	ferro
Dimensioni convoglio (m)	--
Capacità convoglio (pax)	176 di cui 70 seduti
Frequenza	7.5/15 min
Alimentazione	dall'alto a 750 V CC oppure diesel
Vincolo	rotaie a scartamento standard 1,435 m
Velocità Km/h	Max 80
Accel./Decel. (m/sec²)	--
Capacità del sistema	--
Stima di domanda	78.000 pax/day
Costo infrastruttura	333,7 M CZK (circa 11,5 M Euro)
Staff	--
Produttore	--
Modello	--

8. CASI STUDIO IN ITALIA

Dagli anni Novanta, sull'onda del successo europeo, si comincia a discutere della reintroduzione del tram anche in Italia.

A partire dal secondo dopoguerra con la diffusione del trasporto individuale si ridusse il numero di tram a causa del minor numero di passeggeri e secondariamente perché in molti luoghi per decenni non vi furono quasi investimenti per mantenere e rinnovare le linee ed i mezzi. Spesso i tram furono sostituiti da filobus oppure autobus con motori a scoppio, a motivo della minore necessità di manutenzione e della migliore continuità di servizio. Inoltre, l'opinione allora prevalente sosteneva che il tram era d'intralcio al crescente traffico automobilistico.

Fino agli anni settanta fu prevalente l'impiego di autobus anche se iniziò la costruzione di nuove metropolitane. Tuttavia presto lo sviluppo mondiale prese un'altra direzione; il trasporto individuale, che era salito vertiginosamente nelle città, peggiora sensibilmente la qualità della vita nelle città, mentre la crisi del petrolio rende urgente una nuova politica dei trasporti.

A partire dalla Germania e poco dopo in diversi altri paesi, ci si attivò per modernizzare le tranvie con l'introduzione della tecnica del pianale ribassato che incrementò di molto la comodità di accesso dei tram. Contemporaneamente si studiano modalità di estensione delle reti su ferro prima concepito come ad uso esclusivo delle aree urbane maggiori, ai centri minori e agli hinterland.

Se è la Germania a fare da apripista (non a caso è l'unico paese ad aver mantenuto gran parte delle reti esistenti nella prima metà del Novecento), il rilancio del tram ha come scena la Francia – Paese che, come l'Italia aveva dismesso oltre il 90% delle sue reti.

La pianificazione di un sistema tranviario interoperabile ove il tram-treno giochi un ruolo chiave è complessa, dal momento che essa tocca aspetti normativi, tecnologici, politici, economici, amministrativi. Uno dei principali problemi da affrontare è quello di adattare il modello alle realtà locali, per cui sono essenziali confronti con esperienze estere (in Italia non esistono linee di tram-treno) per individuare le possibili soluzioni ottimali. La mancanza, in Italia, di una normativa specifica è uno degli ostacoli principali alla realizzazione di questi sistemi. Sono, comunque, allo studio presso gli enti ministeriali dei trasporti a impianti fissi - USTIF³⁴ - standard e norme a cui poter fare riferimento.

All'estero, l'esperienza maturata in sedici anni con il "Karlsruhe model" (il 25.9.1992 fu aperta all'esercizio la linea Karlsruhe-Bretten, prima linea al mondo esercita in modo tram-treno) ha evidenziato come sia possibile superare queste problematiche permettendo una notevole evoluzione nella tecnica dei veicoli interoperabili; ciò dovrebbe essere di stimolo e di esempio per le amministrazioni italiane interessate.

Attualmente in fase avanzata di definizione sono i sistemi sardi di Cagliari e Sassari su cui però l'interoperabilità non è ancora operativa. Progetti di tram-treno sono stati approvati per Bergamo, Ferrara e Foggia mentre sono in discussione per l'area metropolitana di Firenze e diversi contesti urbani

³⁴ Ufficio Trasporti a Impianti Fissi.



piemontesi, prima fra tutti l'area di Pinerolo-Val Pellice. Salta subito in evidenza che ad aprire il dibattito sono le aree urbane di media dimensione mentre per le grandi metropoli come Roma e Milano è ancora il mito della metropolitana tradizionale (anche dove potrebbero non esservi carichi sufficienti) a tenere il testimone nei piani di sviluppo del trasporto d'area vasta.

8.1. PROBLEMATICHE DA RISOLVERE

Non esistendo in Italia una normativa specifica sono diversi i nodi da risolvere in un iter progettuale che volesse aprirsi all'interoperabilità tranvia urbana-ferrovia vicinale o regionale. È bene osservare che un confronto tra enti locali, istituzioni centrali ed RFI/Trenitalia o gestori di servizi locali può costituire sempre un precedente atto a definire delle normative qualora non esistenti: in sostanza l'assenza di una regolamentazione nel settore dovrebbe essere di sprono e non un ostacolo alla definizione di progetti che in tutto il mondo stanno ampiamente dimostrando enormi capacità di promozione del territorio.

SCARTAMENTO. Affinché il rotabile possa circolare su reti tranviarie e ferroviarie è necessario che su entrambe le reti lo scartamento sia lo stesso; al problema di diversità di scartamento potrebbe ovviarsi installando una terza rotaia. La massa per asse dei mezzi costituisce a volte un problema in quanto le vecchie ferrovie a sr da riutilizzare con mezzi tram-treno presentano limiti di carico (9-10 t/asse) derivati da armamento leggero che impongono a volte la costruzione di mezzi speciali fuoriserie.

CERCHIONI. Le dimensioni delle ruote variano tra tram e treno (diametro, larghezza cerchione, distanza tra i bordini, conicità); tali differenze derivano dal fatto che le rotaie tranviarie, dovendo consentire ai tram di correre su strade urbane insieme ad altri veicoli, hanno un profilo particolare, a gola stretta, per mitigare i problemi derivanti agli altri utenti dalla presenza di tali manufatti nella superficie stradale. Il diametro delle ruote tranviarie è inferiore a quello delle ruote ferroviarie: di solito è compreso nel range 550- 750mm a nuovo, pur esistendo ruote di diametro di 375mm per mezzi moderni a pianale ribassato. Ne deriva che i tram-treno devono essere studiati con un profilo di ruota specifico per adattarsi all'infrastruttura ferroviaria e tranviaria su cui andranno ad operare.

ALIMENTAZIONE. L'alimentazione delle reti tranviarie italiane è differente da quella delle reti ferroviarie: le tramvie sono generalmente alimentate a 750Vcc, le ferrovie a 1,5/3,0 kVcc o a 15/25 kVca; pertanto il mezzo, nel caso di reti ferro-tramviarie già elettrificate, dovrà essere bitensione.

Non è infrequente però, nelle realtà urbane italiane, la presenza di reti ferroviarie non elettrificate connesse o facilmente connettabili con reti tranviarie urbane; in questo caso il tram-treno dovrà essere un ibrido in grado di prendere la potenza per il motore elettrico dalla linea elettrica in area urbana su rete tranviaria e motorizzato con un diesel per la marcia sulla rete ferroviaria non elettrificata in area extraurbana. Mezzi ibridi sono già in circolazione in Europa: a Kassel (DE) marcia il Regio Citadis di

Alstom, mentre ormai diffusissimi sono i duali bitensione (cc su rete tranviaria in area urbana, ca su rete ferroviaria in area extraurbana). È da citare anche il tram-treno tutto-diesel Regio Sprinter di Siemens che marcia su rete tranviaria e ferroviaria sempre con trazione diesel a Zwickau (DE).

SAGOMA VEICOLO. Il tram è generalmente di larghezza inferiore al treno (tram 2,4-2,6m, treno 2,9-3,0m); ciò determina problemi di collegamento tra il mezzo tranviario e la banchina ferroviaria (1650mm distanza bordo banchina-asse binario nel caso ferro a scartamento europeo); il problema è generalmente superato dotando i tram-treno di pedane retrattili per l'incarozzamento dei pax azionate dal conducente.

RESISTENZA AGLI URTI. La resistenza strutturale del veicolo rappresenta un ostacolo alla omologazione della marcia di un tram-treno su rete ferroviaria: le recenti norme UIC prevedono infatti per il treno una resistenza al tamponamento di 1.500 kN mentre per il tram tale valore è dell'ordine dei 200 kN; peraltro la II generazione di tram-treno arriva ad un valore discretamente elevato di circa 800-900kN. Il problema potrebbe essere superato incrementando la sicurezza attiva della marcia del tram-treno su sede ferroviaria dotando la linea e i mezzi di sistemi di sicurezza moderni (ad es., distanziamento assistito da SSC) o, alternativamente chiudendo l'esercizio al modo ferroviario sulla relativa linea per fasce orarie. In tal modo la tratta ferroviaria sarà percorsa da soli mezzi ibridi senza promiscuità con il traffico ferroviario ordinario.

OMOLOGAZIONI. Allo stato, non esiste in Italia una normativa specifica per l'omologazione del tram-treno: nelle tabelle seguenti si riportano, comunque, le normative di riferimento valide per reti urbane e reti ferroviarie.

Il tram-treno è un ibrido che risponde parzialmente sia alle normative che prescrivono le caratteristiche costruttivo-prestazionali dei veicoli tranviari sia a quelle dei veicoli ferroviari; pertanto bisogna rifarsi ad un mix normativo dei due sistemi. In sintesi, allo stato, in Italia, per la circolabilità del tram-treno sulle reti urbane (modo tram) e ferroviarie (modo treno) sembra necessario soddisfare:

- (A) Certificazione come Tranvia e Metropolitana
- (B) Certificazione USTIF-TIF 5 con applicazione di norme specifiche FS per la rete ferroviaria (da verificare con USTIF)
- (C) Omologazione Cesifer completa di tipo ferroviario
- (D) idem come al punto (B) con TIF 5 che dovrebbe mettere a punto uno standard applicabile di integrazione delle norme Tramviarie e Metro con le normative per rotabili ferroviari. Se la linea ferroviaria è dedicata (tratta senza presenza di altri rotabili o riservata per fasce orarie) si ritiene che la certificazione sia più facilmente praticabile.

Gli organi competenti USTIF-TIF5, da una parte, e Cesifer-RFI dall'altra, sono già stati coinvolti. Il Ministero dei Trasporti auspica la concretizzazione di un caso "reale", che intravede come un Operatore che adotti il veicolo e consenta di elaborare durante lo sviluppo del Contratto norme/direttive che



permettano la Certificazione del Prodotto e, conseguentemente, l'uso del tram-treno su reti ferroviarie ed urbane. In Germania, paese all'avanguardia nell'utilizzo del tram-treno, consapevoli delle caratteristiche bimodali del veicolo, gli organi preposti EBO (*Eisenbahn-Bau und Betriebsordnung*, normativa tedesca relativa alla costruzione e all'esercizio delle linee ferroviarie) e BOStrab (*Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen*, normativa tedesca relativa alla costruzione e all'esercizio delle linee tranviarie) hanno emesso normative e prescrizioni congiunte, utilizzando anche tecniche di risks assessment e risks mitigation al fine di consentire l'uso del veicolo.

	Rete ferroviaria	Rete ferro urbana
Normativa vigente	Cesifer-RFI TCCS PR OR 01 001 A Procedura per l'omologazione sulla rete ferroviaria italiana di materiale rotabile	TIF 5 – DG N201; CEI 9-68 e UNI 11174 Materiale rotabile per tranvie e tranvie veloci - Caratteristiche generali e prestazioni
Specifiche di sagoma limite	UIC 505-1	CEI 9-68, UNI 11174
Larghezza	≈ 3000mm	Max 2650mm
Altezza	Max 4310mm	Max 4000mm
Luce libera sopra binario	80mm	55mm
Massa per asse	16-20 t	10-12 t
Velocità max	100km/h	70-80km/h
Spazio di frenatura	700m da 100km/h	69m da 70km/h
Carico a compressione	1500kN	600kN
Ruote	UIC 510-518-812	UNI 8350-7464

Fig. 51. Normativa italiana di riferimento.

Profilo Missione	Rete urbana	Rete Concessa	Rete RFI	Servizio Misto Urbana & Concessa
Norme applicabili	(A)	(B)	(C)	(D)
USTIF-TIF5-DG N201 CEI 9-68-UNI 11174	Sì	Sì+norme Cesifer/FS	No	TIF 5 DG201
Cesifer-RFI TCCS PR OR 01 001 A	No	i.c.s.	Si	Cesifer se linea non dedicata

Fig. 52. Matrice degli standard di omologazione/certificazione.

SICUREZZA. La marcia del tram-treno in modo tram non presenta particolari problematiche di sicurezza: sostanzialmente il mezzo attua la marcia a vista, assistita da ulteriori facility quali: protezioni laterali della sede (via di corsa riservata), riduzione del numero di attraversamenti, semaforizzazione con priorità al mezzo alle intersezioni, fermate attrezzate, ecc., atte a ridurre le interferenze del sistema con il restante traffico veicolare e pedonale. In modo ferroviario, esistendo sulle linee sistemi di distanziamento e controllo della marcia, il tram-treno deve essere dotato degli appropriati sistemi che gli consentano di realizzare il livello di sicurezza richiesto.



Fig. 53. Veicolo Sirio ANSALDO BREDA di Sassari.

8.2. MODELLI DI INTEGRAZIONE TRA NUOVE TRANVIE E RETI FERROVIARIE LOCALI IN SARDEGNA

Nell'ambito della riorganizzazione dei servizi di TPL della regione Sardegna l'applicazione del concetto del tram-treno potrebbe interessare le due maggiori aree urbane dell'Isola: Cagliari e Sassari. Su di esse si sviluppano, infatti, reti ferroviarie e tranviarie che risultano già integrate e connesse. Entrambe le reti

presentano lo stesso scartamento di 950mm sia in area urbana che in area extraurbana; in area urbana le reti tranviarie, recentemente rinnovate o costruite ex-novo, sono entrambe elettrificate a 750Vcc, mentre in area extraurbana, le reti (a binario unico) non sono elettrificate ed esercite con materiale vario diesel, per la massima parte tecnologicamente superato.

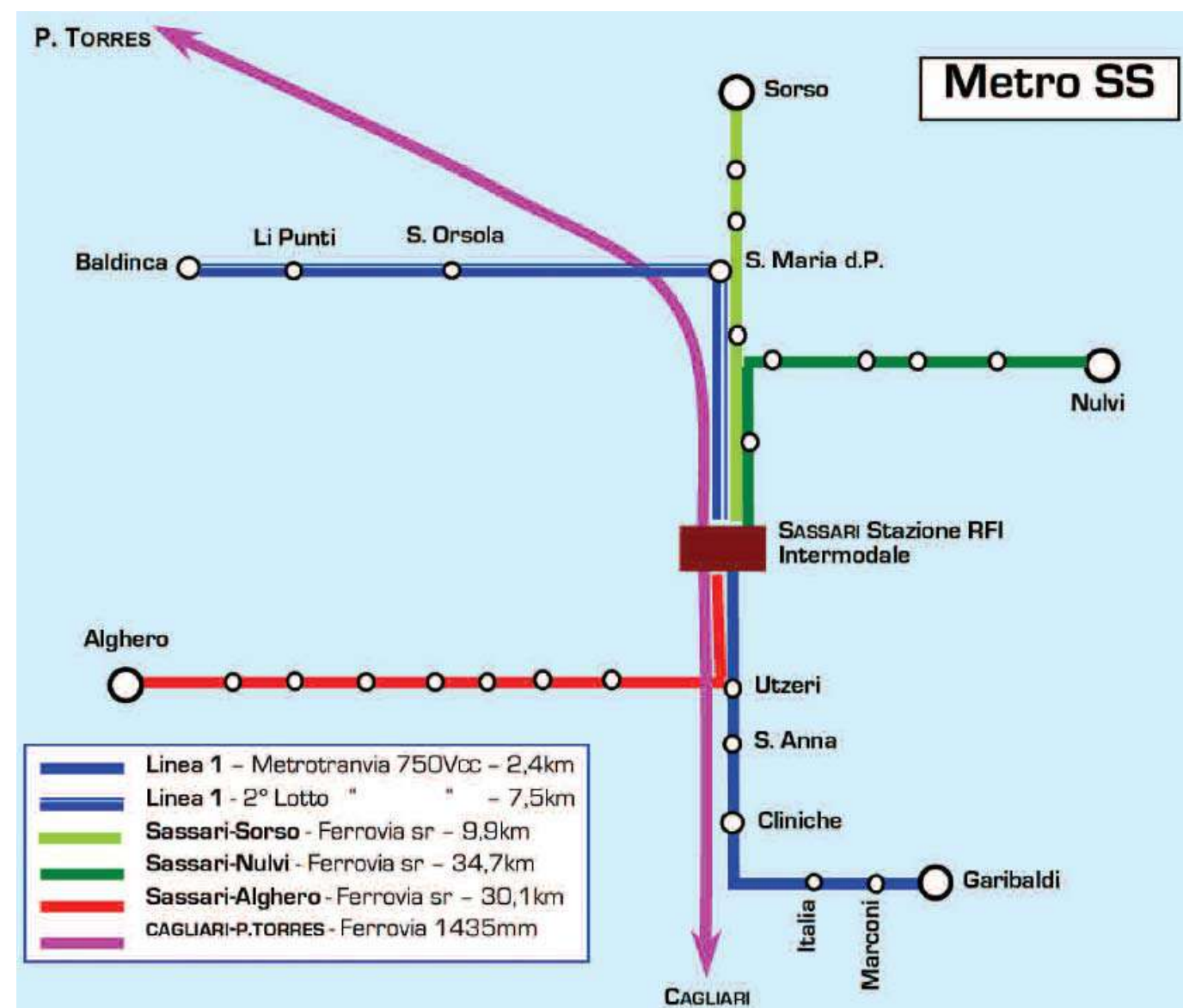


Fig. 54. Schema della rete ferrotranviaria di Sassari prevista per il lungo termine.

È da rilevare, inoltre, che a Sassari la rete a scartamento ridotto ha un nodo di connessione con la linea a scartamento ordinario di RFI che collega la città turritana con Olbia, P. Torres e Cagliari. Rispetto ad altre realtà simili, un elemento innovativo della tranvia sassarese è costituita dalla possibilità di utilizzare l'esistente rete delle ferrovie secondarie. Le stesse Ferrovie della Sardegna, infatti, dispongono in città di tre rami che si irradiano verso Alghero, Sorso, Tempio (fino a Palau).

Costruiti in epoche diverse tra il 1889 e il 1931, conferiscono a Sassari una consistente dotazione infrastrutturale presente in poche altre città in Italia. Il progetto della metropolitana non poteva non

considerare questo aspetto ed è naturale che l'evoluzione del sistema e dell'intero servizio di trasporto pubblico urbano non possa non tenere conto di questa grande opportunità.



Fig. 55. Schema della rete ferrotranviaria di Cagliari per il 2010.

Il passo successivo prevede, in pratica, di sfruttare parte della linea che procede verso Sorso, per poi deviare su un nuovo tracciato da costruire verso il quartiere di Latte Dolce e poi svoltare a ovest fino a raggiungere Li Punti.

Così, ecco che si aprono altri scenari di sviluppo, impegnativi ma interessanti, come il collegamento tra Sassari e Alghero e, con una nuova linea, fino a Fertilia e all'aeroporto. Certo, dovranno essere effettuati degli interventi sulla tratta esistente, come l'eliminazione dei passaggi a livello, l'elettrificazione della

linea, l'acquisizione di nuovo materiale rotabile, ma anche in questo caso Sassari si può proporre come città capofila e modello di riferimento per successive esperienze simili.

La rete ferrotranviaria dell'area vasta di Cagliari, prevede sei interventi. A fine 2008 sono partiti i lavori per realizzare il tratto Monserrato-Policlinico Universitario (1,8 km per 20 milioni di investimento) e per l'elettificazione della ferrovia tra Monserrato e Settimo San Pietro (4,3 km per un investimento da 10 mln). Da Settimo partiranno, invece, i tram-treni (in grado di viaggiare sia con il motore elettrico, sia con quello diesel) che congiungeranno Cagliari con Isili. È stato disposto l'acquisto di 13 veicoli tram-treno da 250 posti, su finanziamento regionale.

In progetto anche una trasversale che porterebbe i viaggiatori dalla zona degli ospedali (Via Jenner-Via Peretti) a Quartu Sant'Elena (Pitz'e Serra) passando da Via Vesalio, Viale Marconi e Viale Colombo (12,4 km di lunghezza per 124 milioni di euro di investimento). Dalla via Roma, invece, partirebbe la tratta che condurrà verso la piana di San Lorenzo e Sestu (9,9 km per 100 M€ di euro) mentre dal Policlinico Universitario si arriverebbe in 16 minuti all'Aeroporto di Elmas (6,8 km per 70 M€). L'anello metropolitano si chiuderebbe con due tratti urbani all'interno di Cagliari: da piazza Repubblica a Viale Bonaria (1,45 chilometri per 14 milioni) e la via Roma (0,8 km per 8 M€ di investimento). Con approssimazione in circa 34 minuti la metropolitana coprirebbe l'intero tracciato urbano circolare di Cagliari (passando per il Policlinico di Monserrato), mentre per arrivare a Settimo San Pietro occorreranno 25 minuti circa, per raggiungere Sestu ci vorranno 24 minuti e da Monserrato all'aeroporto saranno necessari meno di 20 minuti.



Fig. 56. Veicolo SKODA 06T di Cagliari.

Il veicolo adottato a Sassari è un SIRIO della Ansaldo Breda, con scartamento metrico a 950 mm per accedere sulla sede delle FdS. L'alimentazione è a 750 Vcc. La lunghezza di ciascun veicolo è di 24,47 m per 2,40 m di larghezza; la capacità è di 200 posti totali di cui 38 a sedere.

Il veicolo di Cagliari è invece è uno 06T prodotta dalla SKODA: anche qui lo scartamento è a 950 mm. La lunghezza è di 29,19 m per 2,46 m di larghezza; la capacità di 200 pp di cui 44 a sedere. L'alimentazione è a 750 Vcc. Il costo della linea 1 di Cagliari è stato di 36.347.000 € pari a 5,43 M€/km.

8.3. BERGAMO E LA TRANVIA DELLE VALLI

La società Tramvie Elettriche Bergamasche (TEB) ha dato il via ai lavori per il primo tratto della tramvia elettrica che collegherà Bergamo al suo circondario e alle sue valli. Il tram veloce - un mezzo non inquinante, attualissimo, comodo, con una grande capacità di passeggeri e con corse frequenti - rivoluzionerà la concezione del trasporto pubblico nel territorio e contribuirà ad alleggerire in modo fondamentale il traffico automobilistico del capoluogo e del suo hinterland.



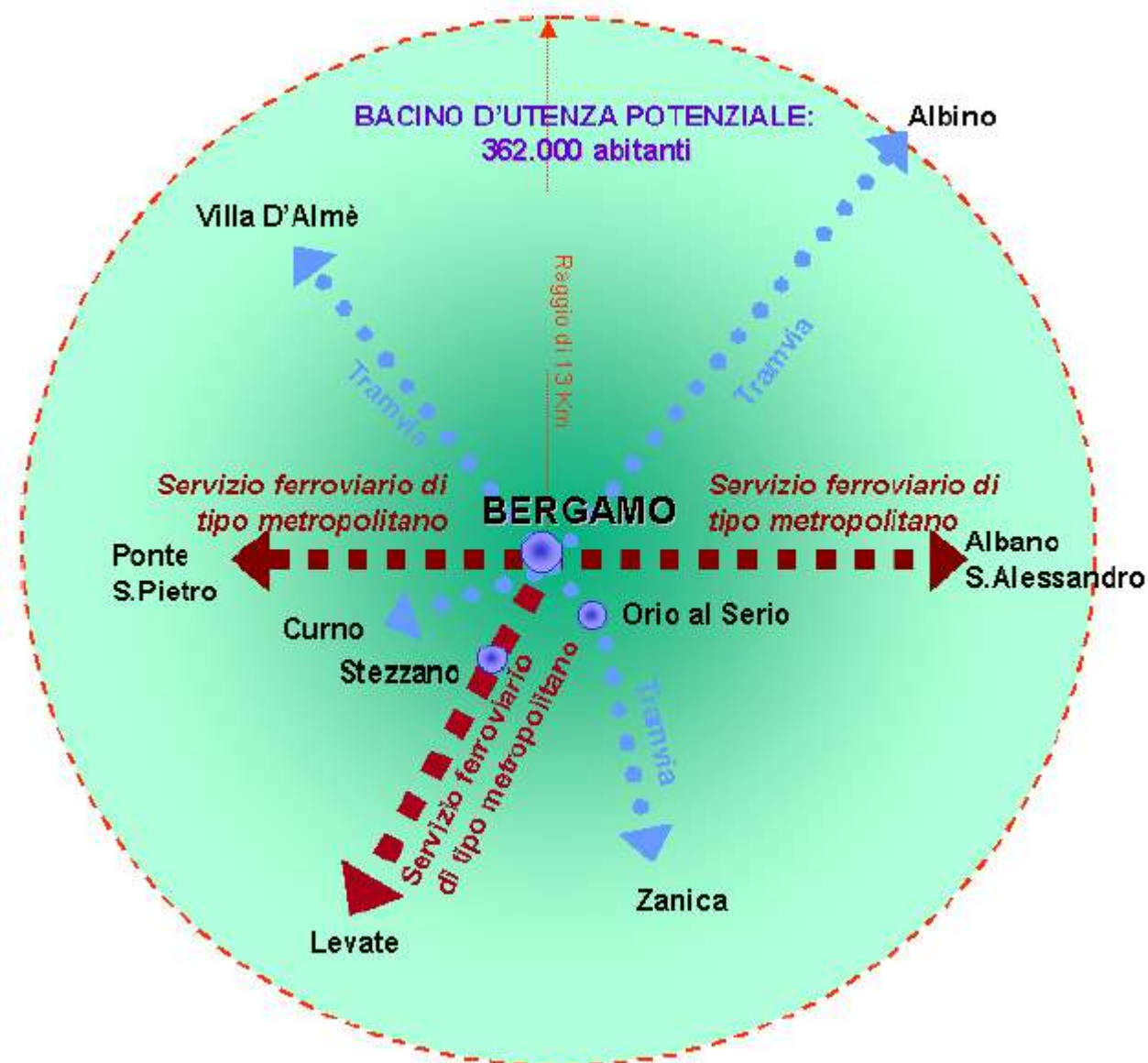
Fig. 57. Rete ferrotranviaria di Bergamo al 2020. Fonte: Servizio Pianificazione Territoriale, Provincia di Bergamo.



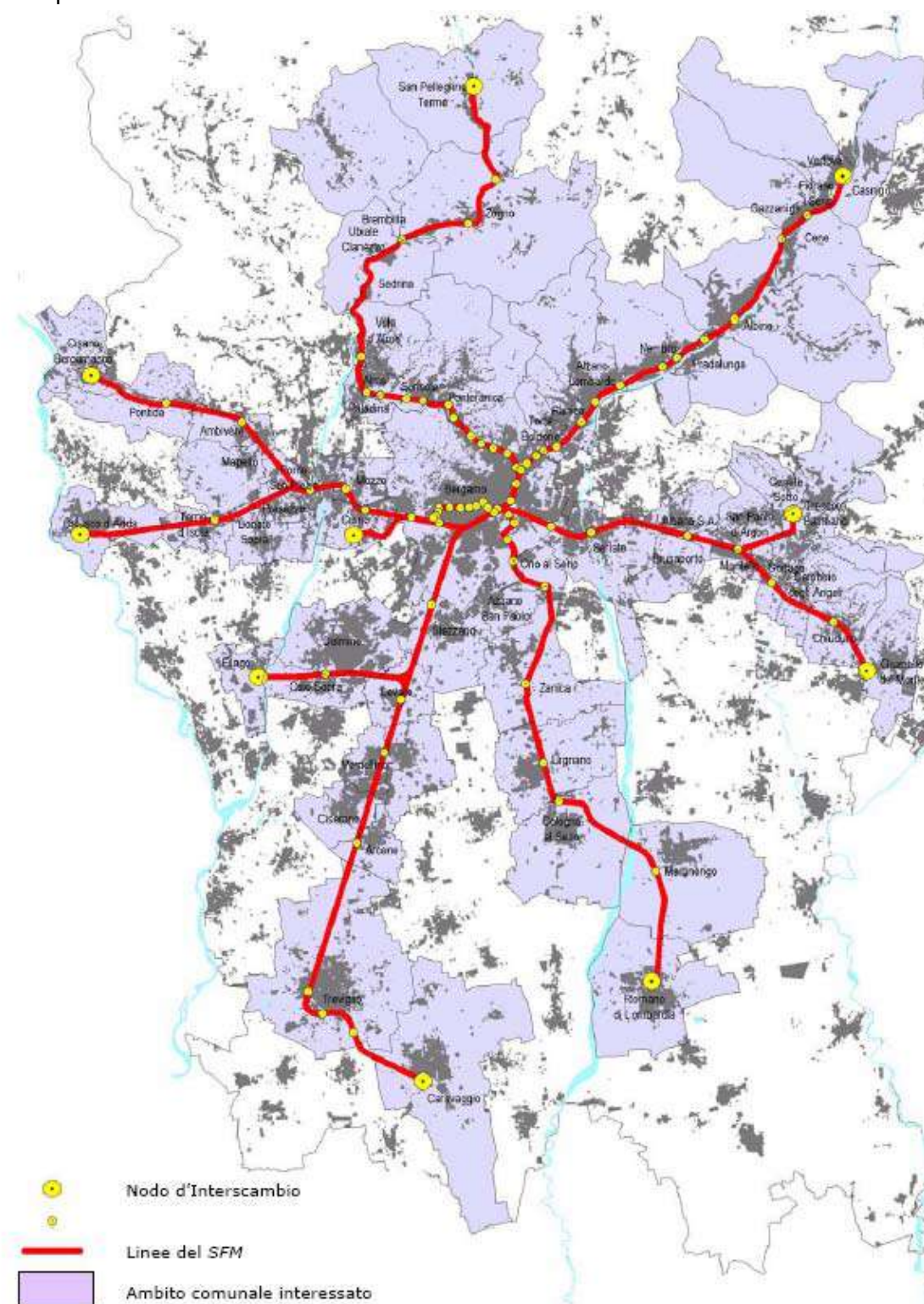
Il progetto prevede entro il 2009 la realizzazione della tratta Bergamo-Villa d'Almè e successivamente la Villa d'Almè-San Pellegrino. In previsione anche il collegamento della stazione ferroviaria con il nuovo ospedale di Bergamo e con l'aeroporto di Orio al Serio. La Tramvia utilizzerà, ove possibile, le vecchie stazioni della ferrovia di Bergamo e verrà costruito sul vecchio sedime della ferrovia delle Valli.

L'integrazione tra le tratte ferroviarie e quelle tramviarie, potranno garantire nell'insieme, un sistema del trasporto su ferro diffuso ed articolato sull'intero territorio provinciale, dotato di numerose fermate che faciliteranno l'interscambio con le altre modalità di trasporto, garantendo sul territorio provinciale una tipologia di servizi su ferro diversificata.

L'opportunità di creare una rete forte su ferro che si estenda su tutte le direttrici est-ovest e nord-sud del nostro territorio, costituisce un vantaggio anche in termini di benefici ambientali e monetari per la popolazione e gli utenti. Una distribuzione così estesa della rete su ferro, amplia il "diritto d'accesso" al trasporto pubblico ad una popolazione sicuramente più ampia, aumentando la quota servita da modalità alternative all'auto privata.



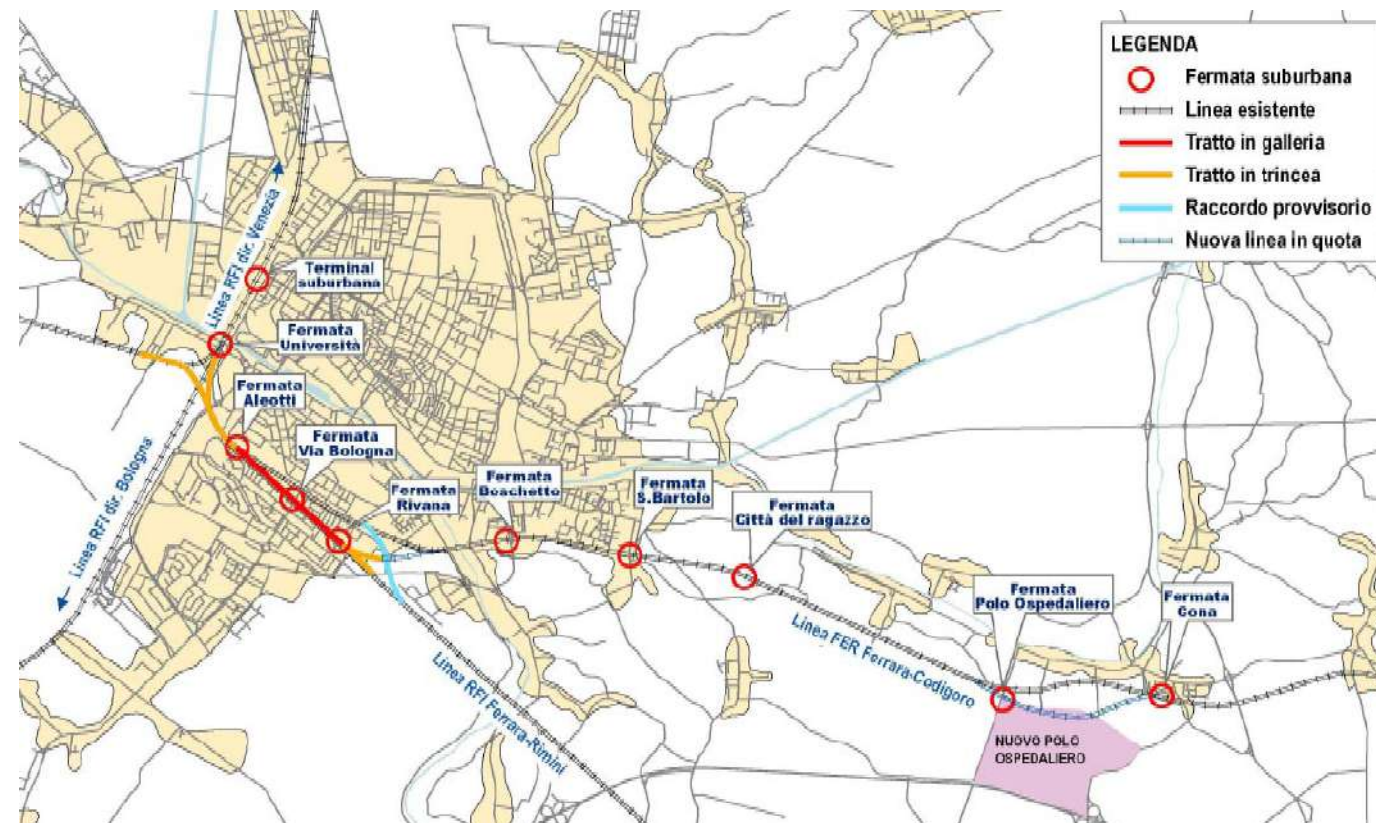
Per l'area della conurbazione del capoluogo bergamasco in particolare, si prefigura uno scenario capace di cambiare radicalmente il sistema di mobilità, a servizio di un bacino d'utenza che raccoglie una popolazione complessiva di 362.000 abitanti.



Nel complesso, rappresenta l'opportunità di orientare lo sviluppo urbano del territorio provinciale, dagli insediamenti residenziali a quelli del terziario sulle linee del trasporto pubblico su ferro, anziché sulle infrastrutture stradali, ai fini di una mobilità maggiormente sostenibile. (un modello di riferimento è la pianificazione dei quartieri TOD, Transit Oriented Development).

8.4. FERROTRANVIA DI FERRARA

Il Servizio ferroviario suburbano di Ferrara sarà un sistema di ferrotranvia che collegherà la città con il suo hinterland. Il servizio, attualmente in fase di completamento, sarà costituito dalla prima linea gestita da FER mentre ne sono in progetto altre due di prossima costruzione.



I lavori per la costruzione della linea metropolitana ferrarese sono ufficialmente iniziati nel 2006, nonostante il progetto iniziale prevedesse l'inizio dei cantieri già nel 2003. A causa di un crack finanziario riguardante la società che si era aggiudicata il consistente appalto dei lavori il progetto ha subito numerosi ritardi anche se a tutt'oggi la costruzione della linea prosegue con buon ritmo e, con ogni probabilità, sarà resa agibile ancora prima dell'apertura del futuro ospedale di Cona, in costruzione già dai primissimi anni '90.

Il progetto prevede l'utilizzo parziale della ferrovia Ferrara-Codigoro e di dotarla di nuove fermate urbane affinché si colleghi la stazione di Ferrara con il nuovo Polo Ospedaliero Sant'Anna ubicato nel quartiere di Cona a qualche chilometro di distanza dalla città e attualmente in costruzione.

L'entrata in esercizio del sistema è prevista per il 2011.

Per incentivare l'utilizzo del mezzo su rotaia il Comune di Ferrara è intenzionato ad incrementare la rete ferrotranviaria con l'aggiunta di altre linee. Si prevede così di istituire una seconda linea urbana che collegherà Pontelagoscuro a Cona tramite l'utilizzo di un tram che viaggerà in sede stradale protetta lungo l'asse viario cittadino viale Cavour/corso Giovecca fino ad innestarsi sulla linea ferroviaria dalla

stazione del Boschetto dalla quale raggiungerà Cona. Altre ipotesi riguardano l'istituzione di una linea collegante la Stazione Centrale con l'area del Petrolchimico, il prolungamento del servizio fino alla frazione di Porotto e il raggiungimento del nuovo quartiere residenziale e commerciale di Borgo Marconi, attualmente in fase di ultimazione. È anche in progetto l'idea di collegare Ferrara con Copparo e Villanova.



Fig. 58. Fermata San Bartolo sulla ex-linea ferroviaria Ferrara-Codigoro.

Il servizio che si andrà così a delineare offrirebbe un'ampia accessibilità alla città e al suo hinterland che negli ultimi anni ha subito notevoli incrementi abitativi. I quartieri che l'attuale linea in fase di ultimazione andrà a servire saranno quelli della Stazione Centrale nella Circoscrizione GAD, il Foro Boario, Borgo San Luca e Area Rivana nella Circoscrizione Via Bologna, Villa Fulvia e il nuovo nucleo abitativo e commerciale "Porta Ferrara" nella Circoscrizione Zona Est e le frazioni di Cona e Quartesana nella Circoscrizione Zona Nord Est.

Per quanto riguarda il materiale rotabile Il Comune di Ferrara insieme agli organi interessati al progetto ha accantonato l'ipotesi di prendere in dotazione il Minuetto, adatto principalmente per linee suburbane o

subregionali; la scelta sembra invece orientata verso i mezzi Alstom, o in alternativa Bombardier, che si prestano sia per il tratto urbano e sia per quello suburbano.

Il progetto complessivo di prima fase si sviluppa sulla tratta Ferrara-Cona riguarda:

- La realizzazione di 10 fermate urbane, tra cui la fermata al nuovo Ospedale di Cona, l'eliminazione di 15 passaggi a livello, la costruzione di alcuni sottopassi e tra questi da segnalare per importanza quello sulla via Ravenna;
- L'interramento e l'affiancamento delle tratte urbane delle linee Ferrara - Codigoro e Ferrara - Ravenna, a partire dalla zona Rivana fino all'ingresso in stazione F.S., la conseguente eliminazione di due passaggi a livello sulla via Bologna, il collegamento ferroviario della Ferrara - Ravenna con la Suzzara - Ferrara, sottopassando la linea Padova-Bologna.

RISORSE FINANZIARIE

16,42 M€ per il primo lotto

35,74 M€ per il secondo lotto

FONTI DI FINANZIAMENTO

1° lotto:

Comune di Ferrara 1,96 M€

Ferrovie Emilia Romagna 3,45 M€

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 13,17 M€

2° lotto:

Comune di Ferrara 3,10 M€

Ferrovie Emilia Romagna 3,45 M€

Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 21,44 M€

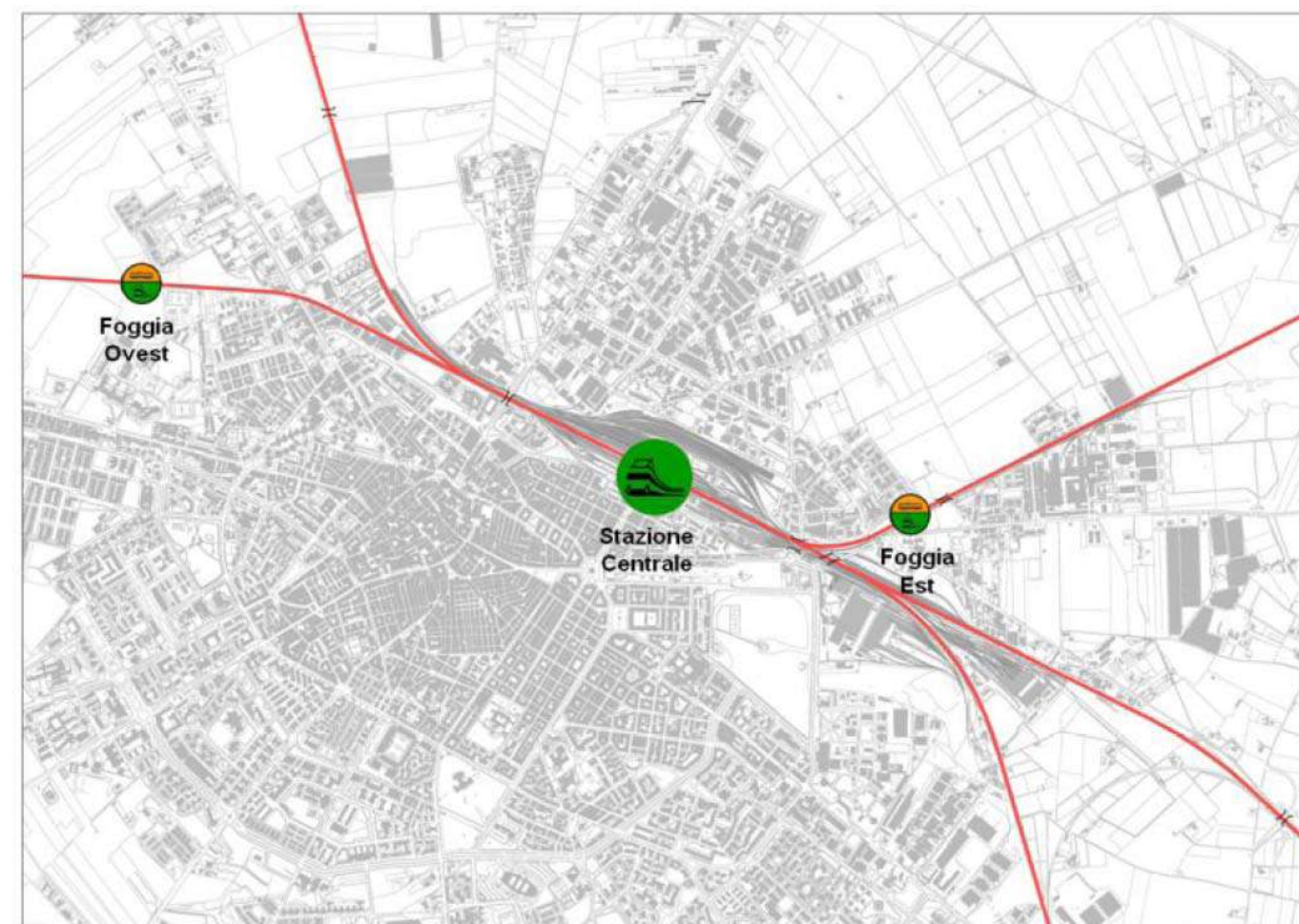
Rete Ferroviaria Italiana 7,75 M€

8.5. TRAM-TRENO NELLA CAPITANATA 2020

CAPITANATA 2020 è il Piano di un'unica, grande città metropolitana per migliorare in dieci anni la qualità della vita di mezzo milione di donne e uomini. Un piano di sistema fino al 2020 per un'unica grande città metropolitana estesa su 4.773,68 chilometri quadrati di superficie, con una popolazione di 541.925 abitanti, con Foggia capoluogo di una rete urbana che si articola nei Comuni di di Apricena, Cagnano Varano, Carapelle, Carpino, Cerignola, Chieuti, Foggia, Ischitella, Isole Tremiti, Lesina, Manfredonia, Mattinata, Monte Sant'Angelo, Ortona, Orta Nova, Peschici, Poggio Imperiale, Rignano Garganico, Rodi Garganico, San Giovanni Rotondo, San Marco in Lamis, San Paolo di Civitate, San Nicandro Garganico, San Severo, Serracapriola, Stornara, Stornarella, Torremaggiore, Vico del Gargano, Vieste e Zapponeta.

Intrecciato alle scelte del Piano strategico "Capitanata 2020", il Piano Urbano della Mobilità parte dall'assunto che non c'è capoluogo senza la sua provincia e non c'è provincia senza capoluogo.

Il PUM si integra con l'idea madre di "Capitanata 2020": realizzare una rete di funzioni urbane attraverso tutta l'Area vasta, come se il sistema dei 31 Comuni associati nel Piano strategico fossero un'unica grande città metropolitana. Dove si può scegliere di abitare sulla costa o sui Monti Dauni senza patire un decremento di servizi.



La proposta di PUMAV relativamente al trasporto collettivo è imperniata attorno alla previsione di realizzazione di una rete Treno-Tram i cui servizi, provenendo dalle principali dorsali provinciali si immettono su una rete urbana con caratteristiche tranviario in modo da cogliere molteplici benefici:

- Ridurre il numero di bus extraurbani in penetrazione su Foggia e le sovrapposizioni tra servizi ferroviari ed automobilistici con conseguente recupero delle percorrenze da reimpiegare in parte in aree più svantaggiate e meno accessibili del territorio provinciale;
- Introdurre economie di scala attraverso una gestione integrata dei servizi ferroviari di carattere locale e di quelli della nuova rete urbana in sede propria;
- Realizzare un sistema di trasporto altamente compatibile sotto il profilo ambientale;



- Contribuire alla coesione territoriale e alla valorizzazione dell'intero territorio ed in particolare del centro storico di Foggia e delle altre città della capitanata;
- Sfruttare il grande patrimonio di infrastrutture ed impianti ferroviari presenti a Foggia, primo tra tutti quello delle Officine Mezzi Leggeri che potrebbero ospitare il nuovo deposito- officina con importanti ricadute sotto il profilo occupazionale e del mantenimento di professionalità specializzate nel settore delle costruzioni/manutenzioni di materiale rotabile ferroviario.

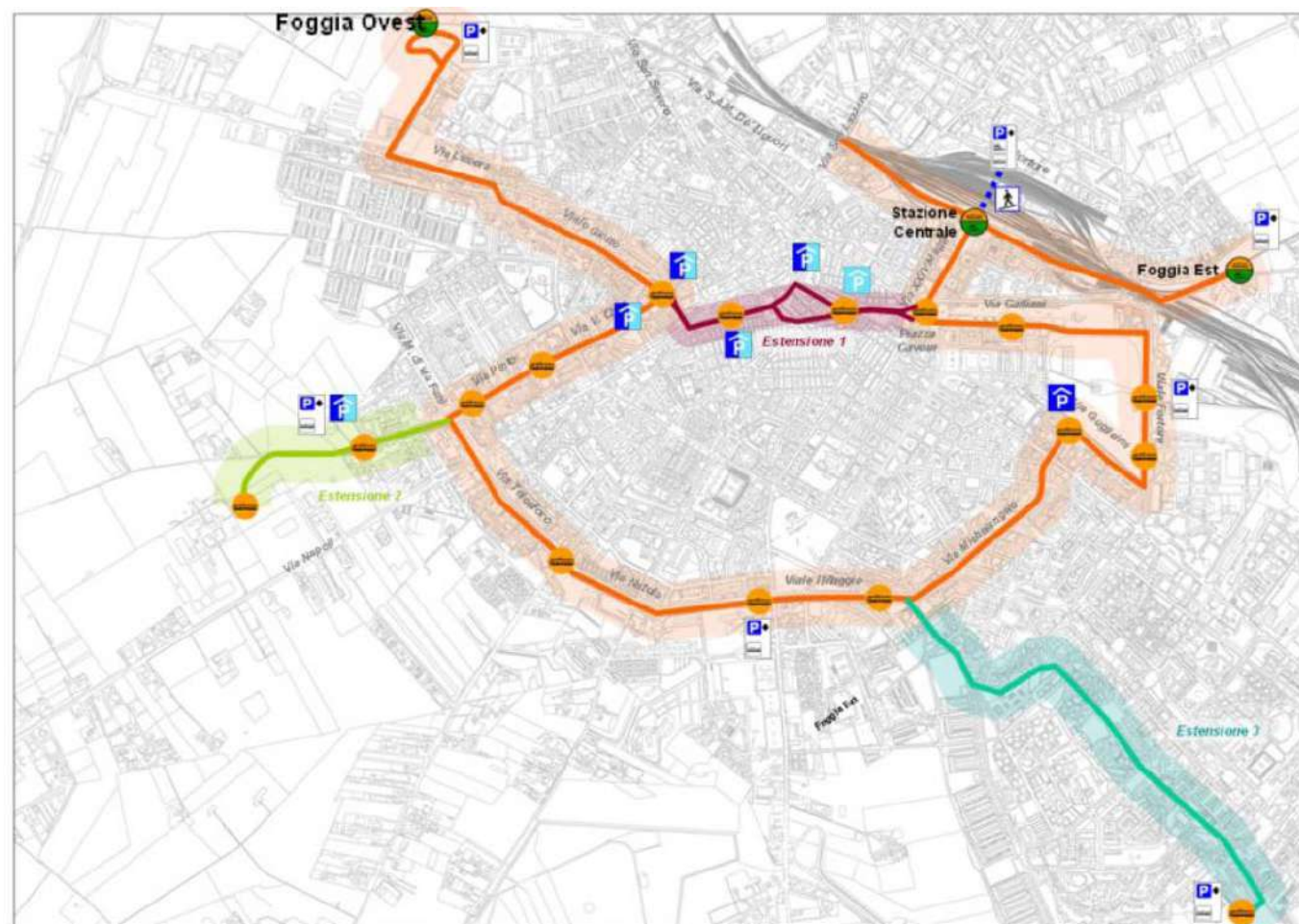


Fig. 59. PUMAV: rete urbana di ferrotranvia.

L'applicazione di Treno-tram che il PUMAV prevede nell'ambito urbano di Foggia risponde all'esigenza primaria di distribuire i flussi di pendolari, ma anche di utenti "non sistematici", provenienti dall'area vasta e diretti al capoluogo all'interno della città, il più vicino possibile alle loro destinazioni finali. L'obiettivo è, nella prospettiva delineata dal PTCP, rendere più appetibile il Servizio Ferroviario Territoriale e sfruttare appieno le potenzialità che la rete che converge su Foggia offre all'intera area vasta, così da rendere il treno più competitivo sia nei confronti del trasporto pubblico extraurbano su gomma, i cui servizi sono attualmente sovrapposti a quelli ferroviari proprio per servire la domanda di distribuzione interna alla città, sia al trasporto privato su auto.

Il PUMAV, coerentemente all’approccio progettuale complessivo, affronta il tema della penetrazione urbana del Treno-Tram nella città dettagliandone le caratteristiche della rete proposta e il suo sviluppo per fasi , in sintonia con il PTCP e il Piano Strategico.

La prima applicazione proposta riguarda la trasversale Lucera-Foggia-Manfredonia che presenta una serie di prerequisiti fondamentali e particolarmente favorevoli all'applicazione del sistema. In primo luogo è costituita da due rami secondari su cui la circolazione è tendenzialmente omotachica: ciò rende particolarmente semplice l'implementazione della prima fase del progetto permettendo di testare l'esercizio e tutte le problematiche connesse.

In secondo luogo realizza un collegamento di grande interesse sotto il profilo socioeconomico per l'intera provincia, collegando attraverso il capoluogo uno dei centri di riferimento del subppennino con una delle principali porte di accesso all'area garganica. Ciò permette di testare anche il modello generale di rete multimodale proposta dal PTCP e fondata sulla piena integrazione funzionale e tariffaria di tutte le modalità di trasporto: autobus urbani ed extraurbani, treno-tram- servizi ferroviari e, non ultimo il metrò marittimo del gargano.



Fig. 60. PUMAV: rete urbana di ferrotranvia, schema unifilare.

L'attuazione della rete Treno-tram prevede diverse fasi di attuazione sia in campo extraurbano che in campo urbano. A livello extraurbano, dopo un necessario periodo di test sulla trasversale, sfruttando la principale caratteristica del sistema, se ne può prevedere l'estensione alle altre radiali convergenti su Foggia, secondo quanto previsto dal PTCP. L'applicazione tra Ischitella e Calenella, con prosecuzione verso Peschicie Vieste, potrebbe procedere in parallelo rispetto all'applicazione su Foggia essendo in un contesto totalmente diverso, senza particolari vincoli di esercizio.

A livello urbano, il PUMAV ha delineato la struttura di una rete che potrebbe essere sviluppata per fasi e che, in alcuni punti particolari, ad esempio la stazione di Foggia, presenta delle alternative in funzione di alcune questioni aperte.

La rete urbana è costituita da una “linea base”, che cinge l’area centrale della città avvicinandosi ad essa in due punti e garantendo l’accessibilità a molti dei principali poli attrattori a valenza sovracomunale.



presenti a Foggia. In aggiunta, nell'ottica di uno sviluppo per fasi, il PUMAV ha individuato tre possibili estensioni della rete, che consentono dapprima di completare l'anello centrale della rete (estensione 1) e poi di estenderla verso aree oggetto popolose e future espansioni urbanistiche (estensione 2 e 3).

Gli elementi strategici nel funzionamento della rete sono le connessioni di transizione tra rete ferroviaria e rete urbana che, con la loro collocazione condizionano il modello di esercizio. A Foggia sono previsti due elementi di transizione esterni e uno alla stazione centrale che vengono descritti in via preliminare per garantire una migliore comprensione del funzionamento della rete.

Il PUMAV assegna un ruolo strategico alla **stazione ferroviaria** di Foggia. Qualunque sarà la soluzione finale dell'assetto infrastrutturale e la conseguente riorganizzazione dell'attestamento e del transito dei treni di lunga percorrenza, merci e passeggeri, legato alla realizzazione della linea Alta Capacità Bari-Foggia-Napoli, la stazione centrale di Foggia è destinata a mantenere un ruolo strategico nella rete del trasporto provinciale.

In essa convergono tutte le linee su cui si prevede di organizzare il servizio regionale, quello territoriale, e l'interscambio con i servizi di TPL su gomma extraurbani e della rete urbana. La riorganizzazione e il potenziamento della stazione ferroviaria debbono d'altro canto tener conto di una serie di istanze e di opportunità che riguardano lo sviluppo della città. Le due questioni principali sono, da un lato la mitigazione dell'effetto barriera costituito dall'infrastruttura ferroviaria e, dall'altro, la volontà e le conseguenti opportunità di una riqualificazione/valorizzazione di alcune aree ferroviarie dismesse o fortemente sottoutilizzate.

Il PUMAV ha adottato un approccio flessibile e quindi cautelativo ma allo stesso tempo aperto alle possibili evoluzioni dello scenario di trasformazione urbana. Le previsioni di trasformazione urbana contenute nel PIRP e negli altri strumenti di programmazione urbanistica sono state assunte come un elemento rispetto al quale, definito un assetto base infrastrutturale e funzionale, sviluppare alternative riguardo alcuni elementi progettuali appartenenti alle ultime fasi attuative del PUMAV. Ciò consente di prefigurare lo scenario base, di garantirne un corretto funzionamento e di indirizzare il confronto con enti e portatori di interesse riguardo le alternative progettuali che sono indissolubilmente legate ad ipotesi di trasformazione urbana e valorizzazione di alcune aree.

FASE INIZIALE

Nella fase iniziale, tenuto conto della disponibilità dell'infrastruttura della Lucera-Foggia, ripristinata da Ferrovie del Gargano, la connessione con la rete urbana dei servizi treno-tram circolanti sulla dorsale, per i convogli provenienti da Lucera, è prevista, in corrispondenza della stazione centrale con ingresso in Piazza Vittorio Veneto, mentre per quelli provenienti/diretti a Manfredonia è in prima istanza prevista alla stazione di Foggia ovest posta lungo la linea per Lucera all'altezza di Borgo Croci.

Ciò significa che nello scenario iniziale tutti i servizi che circolano sulla dorsale dopo aver servito la stazione centrale, ed aver quindi garantito l'interscambio con gli altri servizi ferroviari, si immetteranno sull'anello base della rete urbana treno-tram di Foggia che verrà percorso in senso orario dai convogli

provenienti da Lucera e diretti a Manfredonia e in senso antiorario da quelli provenienti da Manfredonia e diretti a Lucera. Il piano del ferro della stazione di Foggia in realtà è dotato della comunicazione tra la linea di Manfredonia e il fascio di troncino sud adiacenti al primo binario da dove sarebbe possibile raggiungere Piazza Vittorio Veneto con una soluzione simmetrica rispetto a quella adottata per Lucera, tuttavia è forse preferibile prevedere la "tagliata" dei mezzi dopo l'effettuazione della fermata alla stazione centrale per immettersi sulla Lucera-Foggia. Il tema andrà affrontato in tutti i suoi aspetti in sede di progetto preliminare.

Il materiale rotabile, proveniente da Manfredonia dopo aver effettuato fermata in stazione per garantire l'interscambio con la rete urbana, si immetterà sulla linea per Lucera e, arrivato alla stazione di Foggia ovest, entrerà nella rete urbana.

Nella fase iniziale, ipotizzando che anche la realizzazione della nuova viabilità di accesso alla stazione centrale e la valorizzazione delle aree contermini al fabbricato viaggiatori procedano per fasi, si prevede che debba avere la priorità l'infrastrutturazione combinata che interessa l'ala nord prospiciente viale Manfredi verso il sovrappasso di Via Manfredonia.

Il PUMAV, in sostanza, prevede che in fase iniziale la priorità debba essere assegnata alla realizzazione del completamento della viabilità tra Piazza Vittorio Veneto e il sovrappasso verso Via Manfredonia (asse di viale Manfredi), alla realizzazione del terminal-bus, del parcheggio e della stazione treno-tram, ricomprendendo tali interventi nella valorizzazione di questo settore delle aree ferroviarie.

Questo approccio consente di garantire in tempi rapidi tutte le funzioni indispensabili al corretto funzionamento del nodo intermodale: approdo alla stazione di auto e bus extraurbani; parcheggio intermodale; stazione di transizione del treno-tram.

La funzione di parcheggio di interscambio prevista nell'ambito di questo settore delle aree ferroviarie da valorizzare costituisce, tuttavia, una destinazione d'uso di scarso valore tenuto conto delle tariffe praticabili in rapporto alla localizzazione strategica dei siti.

Il PUMAV prevede per questo la necessità di esplorare, sin dalla prima fase della sua attuazione, la fattibilità di un parcheggio di interscambio realizzato sulle aree del fascio "succursale" accessibili da Viale Fortore oggi fortemente sottoutilizzate e che potrebbero essere collegate alla stazione ferroviaria mediante il prolungamento del sottopasso pedonale che metterebbe anche in collegamento Piazza Vittorio Veneto con Viale Fortore verso Villaggio degli Artigiani.

FASE FINALE

L'assetto definitivo della stazione ferroviaria, dell'organizzazione dell'intermodalità e dell'approdo del treno-tram sono legati al consolidamento delle ipotesi di trasformazione urbanistica/valorizzazione del complesso delle aree ferroviarie e di quelle contermini. Il PUMAV, sulla scorta della mosaicatura articolata e complessa delle aree in gioco, ha individuato due possibili scenari di assetto definitivo riguardo l'approdo del treno-tram proveniente da Manfredonia in funzione del differente peso di nuovi insediamenti da servire.



FASE FINALE – IPOTESI BASE

L'ipotesi base che, in quanto tale, è riportata nella tavola del quadro sinottico progettuale del PUMAV, prevede che l'attestamento del treno-tram proveniente da Manfredonia avvenga sfruttando il sedime degli attuali tronchini adiacenti al primo binario di stazione lato sud. Ciò è reso possibile dalla realizzazione del sovrappasso che collega Via del Mare con Viale Fortore e con la nuova viabilità di accesso alla stazione da sud, dal momento che questa infrastruttura, oltre ad una viabilità ad una corsia per senso di marcia, ospita la sede tramviaria che in questo tratto è prevista a semplice binario.

Il binario, una volta scavalcato il fascio ferroviario costituito dalla linea Bari-Bologna, dalla Foggia-Caserta e dai collegamenti con il deposito locomotori e le officine, corre in affiancamento alla nuova rotatoria fino ad una comunicazione con il fascio di stazione da un lato e al collegamento in doppio binario di tipo tramviario verso la fermata di Piazza Vittorio Veneto (Porta Manfredonia).

Questa infrastrutturazione presuppone la trasformazione del settore sud delle aree ferroviarie in adiacenza al fabbricato viaggiatori per la realizzazione della viabilità di collegamento con Piazza Vittorio Veneto e la costruzione del parcheggio e del terminal-bus del settore sud. L'operazione urbanistica deve chiudersi con una previsione di importante valorizzazione delle aree che peraltro risulta rafforzata sia dalla presenza della nuova viabilità che dal treno-tram, il quale potrebbe avere anche un'ulteriore fermata prima della transizione verso la ferrovia (dove la linea è ancora a doppio binario) a servizio dei nuovi insediamenti previsti in sostituzione della rimessa già attualmente fuori servizio che si affaccia verso l'intersezione tra Viale Fortore e Via Scillitani.

L'adozione di questa soluzione prevede che, nel lungo periodo, tutti i convogli treno-tram entrino ed escano dalla rete urbana in corrispondenza della stazione di Foggia, superando così il vincolo di capacità costituito dal semplice binario tra la stazione di Foggia e Foggia ovest rendendo possibile l'immissione su rete urbana di convogli provenienti anche da San Severo, Bovino e Cerignola.

FASE FINALE – IPOTESI ALTERNATIVA

L'eventuale consolidamento di ipotesi di trasformazione urbanistica con localizzazione di importanti attrattori su tutta l'area a nord del fascio ferroviario (ex Consorzio Agrario, binari scarsamente utilizzati e aree a nord di Viale Fortore), ha suggerito di segnalare nel PUMAV un'ulteriore soluzione per la penetrazione dei servizi treno-tram da Manfredonia e di tutti quelli eventualmente provenienti da sud, attraverso un percorso alternativo all'uso del nuovo sovrappasso stradale tra Via del Mare e Viale Fortore e all'attestamento sulla stazione centrale da sud. Tale ipotesi alternativa prevede che il percorso tranviario si sfocchi a partire dalla radice sud dell'impianto di Foggia centrale, proceda sul sedime del fascio "succursale" e, dopo aver adeguatamente servito tutta la fascia di trasformazione sui due lati di viale Fortore mediante due fermate dedicate, si riconnette alla penetrazione della Lucera-Foggia attraverso un sovrappasso dedicato per entrare in Piazza Vittorio Veneto da nord.



Fig. 61. PUMAV: Soluzione alternativa per la penetrazione da Manfredonia in caso di riqualificazione del fuso a nord della stazione ferroviaria.

Tale soluzione, certamente più costosa e complessa, è da prendere in considerazione esclusivamente nel caso in cui gli interventi previsti a sud e a nord di Viale Fortore nell'ambito del PIRP, ovvero di ulteriori previsioni urbanistiche nell'area, abbiano un peso e una valenza territoriale tali da giustificare un servizio diretto da parte della rete in sede propria che in questo tratto sarebbe già con caratteristiche di tipo tramviario. Questo scenario, certamente molto ambizioso, dischiude tuttavia una prospettiva di grande innalzamento della qualità urbana della città di Foggia che tende a diffondere qualità urbana al di là della ferrovia. La partita, soprattutto per quanto riguarda le aree ferroviarie e la loro valorizzazione, secondo il PUMAV, deve essere giocata nell'ambito del più vasto e complessivo accordo sull'assetto definitivo del nodo ferroviario di Foggia alla luce del nuovo collegamento Alta Capacità Napoli-Bari.

Il PUMAV sostiene infatti che la stazione attuale di Foggia non può perdere la propria centralità per il trasporto pubblico locale e che ogni eventuale delocalizzazione di servizi di lunga percorrenza deve essere adeguatamente compensata da una piena integrazione della rete di collegamenti su ferro.

Per quanto riguarda i **costi delle opere**:

- Costo di realizzazione dell'anello base (sviluppo 9 km circa) pari a 79,5 M€. Il calcolo prevede un costo medio chilometrico di 8,83 M€/Km comprensivo di opere civili, armamento, alimentazione, spostamento di sottoservizi, centrale di controllo e asservimento semaforico.



- Costo per acquisto materiale rotabile: 30 M€ ipotizzando un fabbisogno in fase iniziale di 10 pezzi comprese le scorte ed un costo di 3 M€ a composizione.
- Adeguamento deposito/officina 5 M€ nell'ipotesi di poter utilizzare le Officine Mezzi Leggeri di Foggia attraverso un accordo con Trenitalia.

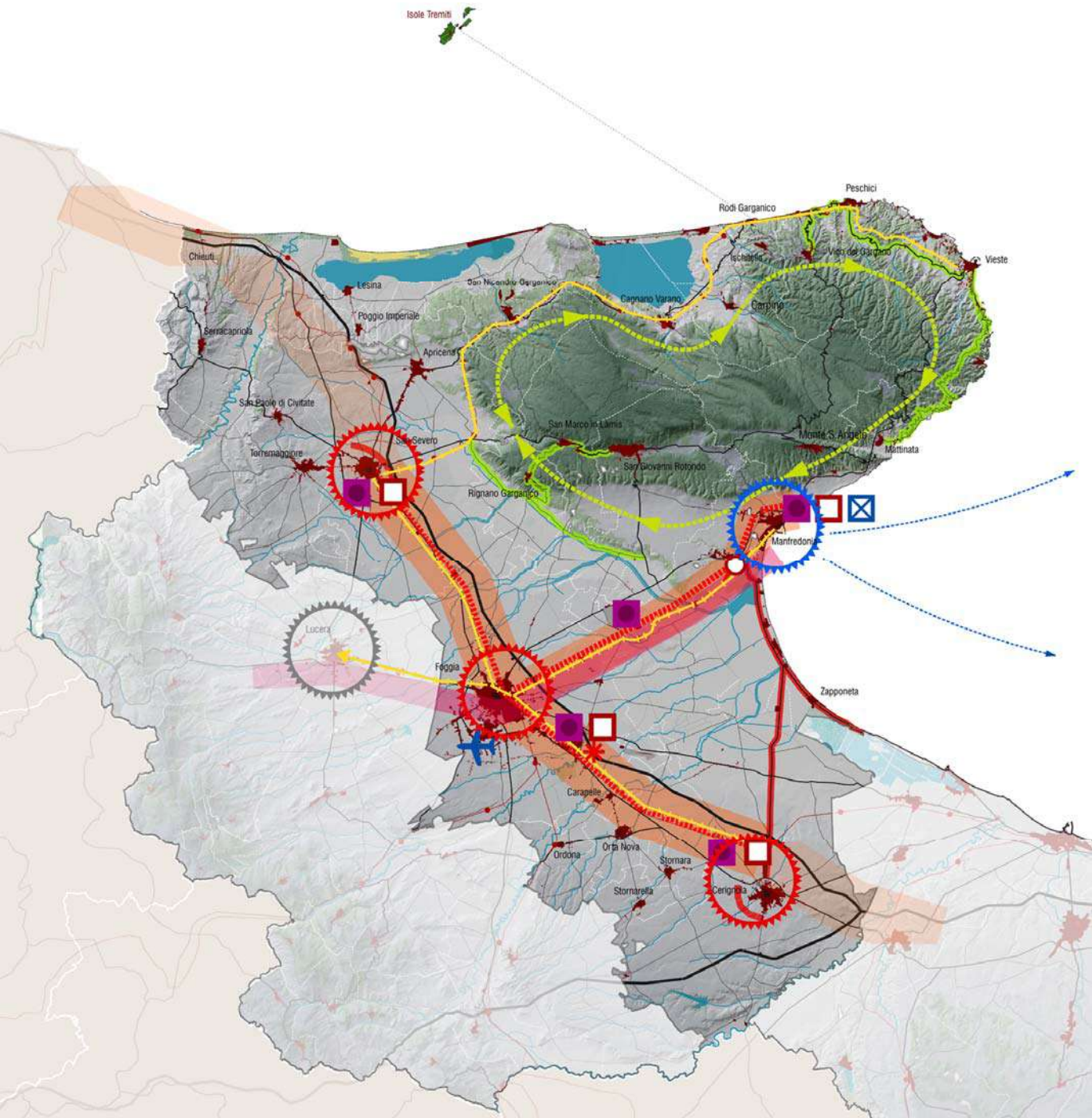


Fig. 62. Il progetto di ferrotranvia proposto da CAPITANATA 2020 investe tutta la provincia legandosi e a sua volta attivando singole linee di sviluppo progettuale locale in un efficace sistema di città-regione.

9. TCSP COME INVESTIMENTO TERRITORIALE

9.1. MODELLO DI BUSINESS DEI TRASPORTI A GUIDA VINCOLATA

La redditività dei sistemi di TCSP è legata a molteplici fattori, ma risulta chiaro che la capacità di generare traffico e profitti dipenda in parte anche dalle dimensioni del sistema. Come in molti sistemi di rete, infatti, l'aumentare del numero di stazioni e di km di linea offre ritorni più che lineari in termini di offerta di tratte origine-destinazione, portando ad incrementi più che proporzionali di afflusso di passeggeri.

Numero di stazioni	Numero di punti origine	Numero di destinazioni	Tratte possibili
5	5	4	20
10	10	9	90
15	15	14	210
20	20	19	380
25	25	24	600

Fig. 63. Incremento delle tratte disponibili all'aumentare del numero di stazioni (esemplificativo).

Numero di stazioni	Biglietti base (%)	Biglietti maggiorati del 20% (%)	Ricavo medio per passeggero
15	100	0	100
30	100	0	100
45	90	10	102
70	80	20	104
100	70	30	106

Fig. 64. Incremento del costo medio del biglietto all'aumentare del numero di stazioni (esemplificativo).

La domanda risulta estremamente sensibile al grado di copertura dell'area cittadina, ma solo fino alla prossimità della saturazione: quando il sistema arriva a coprire la maggior parte dei punti origine-destinazione di maggiore interesse, la domanda tende a saturarsi e si osserva una flessione della curva. Il flusso di passeggeri tende ad aumentare più che linearmente fino alla quasi completa copertura delle aree a maggiore densità, per poi incrementare solo marginalmente man mano che il sistema viene ulteriormente esteso.



Idealmente, le diverse città dovrebbero cercare di sviluppare delle reti in grado di fornire una copertura almeno prossima a quella di saturazione della domanda di mobilità, in modo tale da ottimizzare la resa degli impianti installati.

In termini di redditività, inoltre, si deve considerare che al crescere delle dimensioni dei sistemi i gestori possono differenziare la propria offerta, poiché vengono attivate tratte potenziali che richiedono la percorrenza di lunghe distanze. Gli utenti non effettuano solo un maggior numero di viaggi, ma tendono a percorrere mediamente più chilometri per singolo viaggio. Opportune politiche di segmentazione permettono in questo caso di innalzare la tariffa media pagata per singolo viaggio, incrementando il ricavo proveniente dal singolo passeggero.

Entrambi i sistemi presentano una rete sottodimensionata per la metropoli di riferimento, con gli effetti negativi di redditività a questa connessi di cui si è trattato precedentemente.

A livello di performance, il gestore milanese si posiziona fra i casi di eccellenza mondiali da diversi punti di vista, mentre quello romano non si scosta dalla media.

Uno dei maggiori punti di inefficienza dei sistemi italiani, comune all'intero settore dei trasporti pubblici, è l'altissimo costo unitario del personale. Si verifica infatti che il costo per singolo addetto nei sistemi italiani è prossimo ai 40.000 euro (43.909 euro medi nel caso di ATM Milano), contrapposto a valori europei prossimi ai 20.000 euro. Il valore estremamente elevato del costo del personale dipende principalmente dal forte potere delle associazioni sindacali interessate.

In diversi sistemi esteri (come ad esempio Parigi e Londra) le difficoltà legate alla riduzione dell'organico e il problema cronico dell'eccessivo costo del personale sono stati superati attraverso la concessione della gestione a società private, con notevoli miglioramenti di performance ed efficienza.

9.2. ANALISI DELLE OPPORTUNITÀ DI MIGLIORAMENTO DELLA REDDITTIVITÀ: FONTI DI RICAVO LEGATE AL CORE BUSINESS

Come già accennato, le fonti di ricavi relative al mondo delle metropolitane possono essere divise fra legate e non legate al core-business. A livello di ordine di importanza, le prime pesano per il 35-75% dei ricavi totali, le seconde per il 5-15%, mentre l'ammontare residuo (10-60%) è costituito da contributi.

Dal momento che i ricavi da core business sono dati dal prodotto del prezzo dei biglietti per il numero di passeggeri, esamineremo le determinanti delle due leve. Va tenuto in considerazione che all'aumentare del numero di corse effettuate il rapporto fra biglietti e abbonamenti tende a spostarsi in favore di questi ultimi, generando profitti marginali decrescenti.

Grazie ad una società che nell'ultimo mezzo secolo ha cercato di imporre l'automobile come mezzo di trasporto ottimale, arrivando a trasformarla da bene familiare ad oggetto personale indice di

indipendenza, l'utenza odierna tende, a parità di condizioni, a preferire i mezzi propri a quelli pubblici. A livello internazionale sono state adottate molteplici misure volte ad incentivare la preferenza per i mezzi pubblici, molte delle quali però difficilmente riapplicabili in altri sistemi in quanto adatte esclusivamente a specifiche condizioni locali.

Esempio in questo senso è Singapore, dove l'amministrazione pubblica ha scelto di disincentivare l'utilizzo dei mezzi privati attraverso l'obbligo per gli automobilisti di detenere una licenza di circolazione per ogni automobile. L'erogazione di un numero molto limitato di licenze trasferibili (della durata trentennale) ne porta il prezzo, già durante le aste di emissione annuali, a valori che oscillano fra i 15.000 ed i 50.000 euro al variare della situazione dell'economia del paese, disincentivando fortemente l'acquisto di autoveicoli privati. Questo sistema risulta funzionale esclusivamente all'interno di un piccolissimo stato come Singapore, dove il rischio di concentrazione delle licenze in aree o regioni non costituisce un problema e il numero di turisti interessati a spostarsi con mezzi propri risulta contenuto.

Cercheremo quindi con un taglio generale di esporre i principali strumenti a disposizione dei gestori cittadini, applicabili a prescindere dalle caratteristiche specifiche del sistema e della città di riferimento.

SISTEMA A INCENTIVI/DISINCENTIVI. L'introduzione di disincentivi per il traffico di superficie sembra essere una delle politiche più efficaci. Fra gli strumenti a disposizione troviamo:

- parcheggi a pagamento ("zona blu") - per ogni veicolo parcheggiato è richiesto il pagamento di un corrispettivo in base alla distanza dal centro cittadino e al tempo di permanenza;
- riduzione degli spazi destinati alla sosta nelle zone più trafficate – vengono progressivamente rimossi i parcheggi situati nel centro cittadino, in modo tale da disincentivare l'utilizzo dell'automobile per raggiungerlo (si perde più tempo per parcheggiare e il viaggio in automobile risulta meno efficiente). Questo tipo di provvedimento porta ad incrementare l'area transitabile, riducendo il rischio di congestione nelle zone critiche;
- zone a traffico limitato – gestione del traffico nelle aree centrali attraverso un sistema di permessi, solitamente molto economici per i residenti e piuttosto onerosi per gli altri utenti. Si effettua una selezione sul prezzo dei potenziali viaggiatori, permettendo di viaggiare solo a chi effettivamente trae notevoli vantaggi dall'utilizzo di mezzi propri (ed è quindi disposto a pagare l'accesso);
- zone a traffico limitato ambientale – circolazione limitata nelle aree centrali ai soli utenti di autoveicoli ecologici, solitamente il limite viene basato sulla certificazione Euro, escludendo i veicoli maggiormente inquinanti. Ha il doppio vantaggio di disincentivare lo spostamento con mezzi propri (barriera costituita dall'acquisto di un nuovo veicolo) e di portare alla riduzione delle emissioni inquinanti (anche in caso di sostituzione del mezzo, l'inquinamento risulta minore);
- pedaggi per aree specifiche (Ecopass, Congestion Charging), spesso basati sul numero di chilometri percorsi o accessi effettuati alle aree interessate, puntano a disincentivare l'utilizzo dei mezzi riducendo l'efficienza economica dei singoli viaggi. Rispetto alle politiche legate alle zone a traffico



limitato, l'utente non si trova di fronte ad una forte barriera ed è maggiormente incentivato ad effettuare saltuari spostamenti con mezzi propri (potendo valutarne di volta in volta la convenienza).

Quasi tutti i sistemi sopra citati hanno due effetti positivi per il gestore di trasporto pubblico locale:

- disincentivano l'utilizzo di mezzi propri, incentivando l'utilizzo di mezzi pubblici (maggiori ricavi da traffico);
- generano ricavi diretti grazie alla quota di cittadini che decide comunque di sfruttare i mezzi propri pagando i dovuti pedaggi.

I problemi connessi all'instauramento di sistemi di questo tipo sono però molteplici:

- a livello amministrativo, il gestore di trasporto pubblico locale non è autorizzato ad intraprendere autonomamente azioni in questa direzione, dovendo invece sottostare a scelte e imposizioni da parte delle amministrazioni locali;
- a livello di popolarità, spesso queste scelte vengono accolte con ostilità dai cittadini, che percepiscono i disincentivi come una tassa addizionale, non riuscendo a scorgerne i benefici indiretti. Estremamente ostili a queste politiche sono inoltre i proprietari di esercizi commerciali con sede nelle aree interessate, che lamentano una riduzione del volume di affari legata al minore traffico.

Per quanto riguarda gli incentivi, in molte città sono in corso iniziative in tal senso (esempio in questo senso è l'iniziativa promossa a Milano che prevede la possibilità di dedurre l'abbonamento annuale dalla dichiarazione dei redditi), ma non sembrano generare risultati interessanti in termini di generazione di flussi passeggeri. Risultano tuttavia molto apprezzate le offerte di bundling in collaborazione con cinema, musei e altri gestori di eventi.

MIGLIORAMENTO DELLA RETE. Le iniziative di miglioramento della rete si traducono in maggiore disponibilità del servizio e facilitazione dell'accesso alle stazioni. Nel primo caso parliamo di estensione della rete, nel secondo di sviluppo di strutture che semplifichino e rendano più efficienti i comportamenti intermodali (utilizzo di una combinazione di diverse tipologie di mezzi, per effettuare il proprio tragitto di interesse).

Il miglioramento del servizio a parità di struttura fisica può essere realizzato migliorando aspetti quali la sicurezza, la facilità d'uso, la comodità e la frequenza dei treni.

Miglioramento della sicurezza

Data la diffusione fra gli utenti di una scarsa percezione di rischio relativa ad incidenti dovuti alle strutture (deragliamenti, incendi, allagamenti), focalizziamo l'analisi sulla sicurezza intesa come protezione dei passeggeri da comportamenti criminali. Il problema della sicurezza in questo senso non è di semplice soluzione in quanto, data l'estensione e la complessità delle singole stazioni, risulta molto difficile garantire un controllo costante in modo economicamente efficiente.

In questo ambito è diffusa la convinzione che nelle ore notturne la sorveglianza sia estremamente carente e il sistema venga frequentato da individui potenzialmente pericolosi (quali stupratori, ladri, esibizionisti, vandali).

Un problema ulteriore effettivo e non risolvibile dal solo gestore è dato dal fatto che, soprattutto nelle fasce orarie serali, anche mantenendo alto il livello dei controlli all'interno del sistema, i passeggeri siano a rischio di furti e violenze appena all'esterno delle stazioni, nel tratto che li separa dalla macchina o dalla destinazione.

Le iniziative di miglioramento dei sistemi dal punto di vista della sicurezza il più delle volte sono volte a migliorare la sorveglianza video delle aree attraverso sistemi più o meno complessi e a garantire (almeno teoricamente) il pronto intervento delle forze dell'ordine, ma tendono a limitarsi alle sole aree di competenza del sistema.

INCREMENTO DELLA FREQUENZA. L'incremento della frequenza dei treni può generare due effetti positivi: ridurre il numero e l'entità delle situazioni di sovraffollamento nelle vetture e nelle stazioni e abbattere ulteriormente i tempi medi di transito. In termini di criticità ed impatti è necessario distinguere fra l'incremento dei passaggi nelle ore di punta e quello nelle altre.

Nelle ore di punta si affrontano problematiche tecnologiche e legislative legate alla sicurezza del sistema, e si è vincolati dal numero di treni a disposizione (modificabile nel medio periodo).

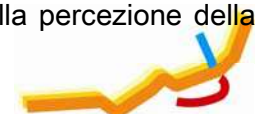
L'intertempo minimo di sicurezza fra due treni - in assenza di controlli automatici - è circa pari a 3 minuti, ossia il tempo impiegato per attraversare due segmenti di tunnel interstazione. In caso di guasto di un treno, quello seguente, anche se appena partito da una delle stazioni, ha tempo sufficiente per venire a conoscenza del problema prima di raggiungere il convoglio bloccato. Questo limite può essere infranto installando opportuni controlli automatici, portando la soglia di sicurezza a valori prossimi ai 90 secondi.

A livello di impatti, l'effetto di riduzione del tempo medio di viaggio è trascurabile (in quanto i tempi medi di attesa sulle banchine nelle ore di punta sono prossimi ai 90 secondi per la maggior parte dei sistemi), mentre diventa preponderante la riduzione del sovraffollamento e il conseguente miglioramento della qualità di viaggio.

Nelle restanti ore l'effetto principale causato è quello di incremento dell'efficienza dei trasferimenti e non sono richiesti forti investimenti in quanto il sistema risulta già predisposto ma porta ad incrementare il numero di conducenti necessari.

Per quanto riguarda l'incremento della frequenza dei treni è in fase di valutazione presso il sistema di Milano l'implementazione di un sistema di controlli automatici che permetterebbe la riduzione degli intertempi di sicurezza fra i treni da circa 180 a 90 secondi, permettendo quindi la circolazione di un numero doppio di treni nelle fasce orarie con maggiore affollamento.

MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ PERCEPITA. I miglioramenti gestionali e strutturali implementati spesso non producono nel breve periodo gli effetti attesi in termini di variazione della percezione della



bontà del sistema da parte degli utenti. In particolare, le iniziative volte ad acquisire nuovi clienti e quelle volte a modificare la qualità del servizio in modo non appariscente passano spesso inosservate finché non pubblicizzate tramite apposite campagne.

Precedentemente si era parlato a questo proposito della percezione deviata di scarsa sicurezza, non corrispondente alla realtà dei fatti, ma generata e nutrita da ampi articoli sui quotidiani relativi ai rarissimi casi di violenza verificatisi in metropolitana (in molti casi, di fatto, avvenuti all'esterno di questa, ma trattati in cronaca come legati ai sistemi di metropolitana in quanto avvenuti in prossimità delle stazioni).

I gestori di metropolitane di tutto il mondo stanno gradualmente prendendo atto del problema legato alla deviata percezione dei passeggeri e adottano una molteplicità di contromisure volte appunto in alcuni casi a modificarla ed in altri ad allinearla allo stato effettivo.

Impegno sociale

Le campagne per la legittimazione della condotta dei gestori in campo sociale solitamente si articolano in iniziative volte a sostenere realtà locali e iniziative rivolte alla tutela dell'ambiente.

Nel primo gruppo rientrano ad esempio il sostegno alle raccolte fondi da parte di associazioni no-profit da parte del gestore londinese e i concorsi letterari "Subway" promosso dal gestore milanese o "Parole in corsa" promosso da quello torinese.

Riguardo le iniziative "green" fra quelle più interessanti troviamo la costruzione a Londra (Victoria Station) di un sistema di generazione di energia elettrica che sfrutta l'energia cinetica degli utenti al passaggio su apposite superfici, l'installazione a Milano di pannelli solari sui tetti dei parcheggi dedicati agli scambi intermodali e la predisposizione del sistema di frenaggio della metropolitana torinese a convertire l'energia cinetica in energia elettrica anziché calore (i motori elettrici funzionano come generatori in fase di frenata).

TCSP ANCHE PER I PIÙ ABBIENTI. Soprattutto in paesi come l'Italia, dove le continue campagne pubblicitarie relative ad automobili hanno impresso nell'opinione popolare l'idea che utilizzare i mezzi propri sia sinonimo di indipendenza e autorealizzazione, è critico per il gestore arrivare a legittimizzare e nobilitare la figura dell'utilizzatore di metropolitana in modo tale da non incorrere in disincentivi psicologici. In città come New York o Londra, dove gli impianti sono attivi da diverse generazioni anche la classe dirigente tende ad utilizzare i trasporti pubblici senza problemi in quanto la metropolitana non è più un "mezzo utilizzato da chi non può permettersi l'automobile", ma "l'unico mezzo che valga la pena usare".

A questo è interessante la campagna di sensibilizzazione effettuata al momento dell'apertura della metropolitana di Caracas, volta ad incentivare le classi più abbienti all'utilizzo della metropolitana come mezzo preferenziale. La scelta di intervento del gestore si era in questo caso orientata verso la separazione netta nell'immaginario collettivo della figura dell'utente di mezzi di superficie (storicamente legata alle classi più povere) da quella dell'utente di metropolitana (indipendente dallo status sociale),

che quindi aveva permesso alle classi abbienti di servirsi della metropolitana senza i disincentivi psicologici che invece li trattenevano dall'utilizzare i mezzi pubblici di superficie tradizionali.

In alcuni casi l'ostentazione delle prestazioni del sistema da parte dei gestori ha avuto l'effetto di generare nell'utenza l'opinione che la metropolitana vada utilizzata in quanto efficiente, ma che sia solo strumentale e di fatto inospitale o sgradevole. Gli utenti soggetti a questo tipo di distorsione percettiva tendono ad utilizzare la metropolitana per esclusiva necessità. Sistemi come TMB di Barcellona hanno indetto campagne di branding volte a rivalutare l'immagine del sistema e a creare un'immagine positiva della metropolitana in quanto sistema che permette di migliorare la qualità della vita degli utenti. Una campagna simile denominata "The Relaxing Businessman" è stata portata avanti a Vienna dalla Wiener Linien, volta anche in questo caso a promuovere gli impatti positivi del sistema sulla qualità della vita dei passeggeri. Anche Copenhagen ha promosso una campagna con gli stessi obiettivi denominata "Rush through town without stress" ("Corri attraverso la città senza affanno").



Fig. 65. Copenhagen, campagna "Rush through town without stress".

OTTIMIZZAZIONE DEL PRICING. In Italia il prezzo del biglietto è vincolato da un massimale imposto dalla Regione, modificato con cadenza triennale. Le uniche leve sulle quali il gestore del sistema può agire sono quindi le offerte volte ad aumentare il volume passeggeri o ad indirizzarne il comportamento. Ignorando momentaneamente questo vincolo, esaminiamo le diverse tipologie di tariffe sviluppate dagli operatori internazionali.

MIGLIORAMENTO DELLA SEGMENTAZIONE DEI CLIENTI. Rimanendo nell'ambito del sistema di bigliettazione tradizionale basato sull'acquisto di abbonamenti o biglietti da una o più corse, l'offerta può essere più o meno diversificata in base a vari fattori. Un'offerta molto articolata ha il vantaggio di attrarre un maggiore numero di clienti facendo pagare a ciascuno di questi un premio corrispondente al valore del servizio ricevuto. Un'offerta molto semplice, invece, ha il vantaggio di risultare di facile gestione ed immediatamente comprensibile per gli utenti non frequenti e gli stranieri. Da puntualizzare che in molte

città è implementato un sistema di integrazione tariffaria che prevede la possibilità con lo stesso biglietto/abbonamento di utilizzare indifferentemente metropolitana e mezzi di superficie senza pagare un sovrapprezzo. Andiamo quindi ad analizzare i criteri di diversificazione osservati.

SEGMENTAZIONE TERRITORIALE. Le politiche di tariffazione in questione sono solitamente adottate in sistemi piuttosto ampi. Lo schema tradizionale prevede la suddivisione del sistema in zone e i biglietti permettono di attraversarne un certo numero o alcune specifiche. Nel caso di Londra, il sistema ne prevede 9, di cui 8 trattate come generiche e una centrale. I biglietti emessi prevedono il passaggio attraverso un determinato numero di zone (prezzo crescente all'aumentare del numero di queste) ed è prevista una maggiorazione se l'utente ha intenzione di attraversare quella centrale (zona 1). Un sistema simile è adottato a Parigi, dove la città è stata suddivisa in fasce concentriche. In questo caso l'utente ha a disposizione biglietti che permettono di utilizzare un dato numero di fasce contigue, con prezzo variabile a seconda della distanza dalla zona centrale. In Italia i maggiori sistemi applicano una suddivisione del sistema in "rete urbana" e "rete suburbana" offrendo biglietti per una sola delle due o validi per entrambe.

SEGMENTAZIONE TEMPORALE. L'interesse del gestore in questo caso è quello di ridistribuire il traffico giornaliero e settimanale in modo tale da ridurre l'afflusso nei periodi e fasce orarie di picco e aumentarlo negli altri. Questa politica viene attuata attraverso l'introduzione di sovrapprezzi nelle fasce orarie di maggiore affollamento (Londra) e l'applicazione di sconti nelle altre (tariffa weekend, tariffa notturna, tariffa offpeak). Il meccanismo è quello della selezione dei clienti in base al prezzo e permette di migliorare la qualità del viaggio dei passeggeri che usufruiscono del servizio nelle ore di massima affluenza.

SEGMENTAZIONE DEMOGRAFICA. Il gestore del sistema in molte città sceglie di agevolare (in alcuni casi a fronte di un rimborso da parte dell'amministrazione pubblica) alcune categorie attraverso l'applicazione di tariffe particolarmente convenienti. Le riduzioni solitamente interessano studenti, anziani, portatori di handicap, forze dell'ordine, bambini e categorie protette in genere.

SEGMENTAZIONE COMPORTAMENTALE. L'offerta in questo caso si rivolge a utilizzi tipici della metropolitana. Sono esempi in questo senso i biglietti "shopping" (biglietti da 3-5 ore che permettono corse illimitate), i biglietti "2x6" (biglietti della durata settimanale che permettono di effettuare due corse al giorno, rivolti ai lavoratori), pacchetti business (diversi formati, ad esempio abbonamenti intestati all'azienda, che permettono un numero di viaggi illimitati al portatore)

9.3. ANALISI DELLE OPPORTUNITÀ DI MIGLIORAMENTO DELLA REDDITTIVITÀ: FONTI DI RICAVO NON LEGATE AL CORE BUSINESS

Le fonti di ricavo non legate al core business costituiscono una porzione molto contenuta dei ricavi complessivi (5-15%), ma sono la maggiore leva a disposizione del gestore per il miglioramento della redditività, soprattutto nei casi in cui il prezzo del biglietto è imposto. Le opportunità possono essere suddivise in due gruppi principali: quelle legate allo sfruttamento del traffico generato dal core business e quelle legate allo sfruttamento degli asset disponibili per utilizzi non connessi alla fornitura del servizio di trasporto.

SFRUTTAMENTO DEL FLUSSO PASSEGGERI. Il flusso di utenti transitanti giornalmente nelle stazioni costituisce una delle maggiori risorse a disposizione dei gestori di metropolitane e la capacità di sfruttarla può determinare grandi differenze in termini di redditività. Campagne pubblicitarie o eventi esageratamente invasivi possono tuttavia risultare fastidiosi per i passeggeri andando a minare la qualità percepita del core business. Risulta quindi essenziale per il gestore comprendere gli interessi dei passeggeri e valutare sapientemente quali iniziative da intraprendere.

Pubblicità statica o dinamica

La pubblicità statica è lo strumento più collaudato fra quelli disponibili ma anche quello meno in grado di destare attenzione dell'utente. La pubblicità dinamica, in rapida diffusione nel corso degli ultimi anni, somministrata grazie a display e videoproiettori solitamente ha un maggiore impatto. In seguito presentiamo le diverse opzioni pubblicitarie a disposizione dei gestori, suddivise per allocazione.

L'inserimento di pubblicità sui biglietti offre molti vantaggi se comparata ai tipici volantini: oltre a non consumare carta aggiuntiva (sostenibilità), viene tendenzialmente conservata molto più a lungo. Questo formato è ideale per buoni sconto e promozioni. L'unico limite è dato dalla ridotta superficie disponibile, che quindi obbliga a mantenere il messaggio molto contenuto. La stampa su abbonamenti non offre la stessa versatilità in quanto le modalità di utilizzo tipiche non sono compatibili con la consegna a titolo di buoni.

L'inserimento di pubblicità sulle mappe in distribuzione risulta poco efficace per raggiungere gli utenti abituali mentre risulta particolarmente utile per raggiungere turisti e utenti saltuari. In questo caso, a fronte di un maggiore spazio disponibile risulta però complesso effettuare promozioni che richiedano la consegna di coupon, andando incontro ai vincoli tipici della pubblicità statica classica.

Presso il gestore di metropolitana di Boston è possibile acquistare un singolo spazio pubblicitario su una tiratura della mappa in distribuzione gratuita (200.000 copie) al prezzo di 40.000 \$.

STAZIONI E FERMATE. Per quanto riguarda la pubblicità nelle stazioni, sono disponibili una grande varietà di mezzi e formati: videoproiettori, schermi LCD, sistemi interattivi basati su touch screen, allestimenti (intere stazioni temporaneamente allestite per campagne specifiche), poster a parete, sistemi



multiposter e volantini. I ricavi variano molto in base all'importanza della stazione di riferimento, all'orario e al mezzo utilizzato.

Il prezzo limite in questa categoria è raggiunto dagli schermi LCD installati presso il sistema di Londra, dove il prezzo per la trasmissione degli spot può raggiungere le 60 sterline orarie per singolo pannello. Data la tendenziale mobilità del viaggiatore, i messaggi devono essere in grado di carpire l'attenzione e di trasferire le informazioni il più rapidamente possibile. Brevi slogan e immagini in grado di attirare la curiosità sono quindi preferibili a lunghi e complessi messaggi.

INTERNO TRENI. La pubblicità sulle vetture offre, rispetto a quella in stazione, il vantaggio di essere somministrata in un momento in cui il passeggero è predisposto a recepire messaggi in quanto prevalentemente non impegnato. La tendenziale stabilità del passeggero permette inoltre di utilizzare messaggi più estesi, esponendo dettagli e varianti.

Anche in questo caso troviamo fra le possibili installazioni schermi LCD e touch screen, poster dislocati in varie aree delle pareti e pendenti attaccati ai sostegni.

Nell'ambito della pubblicità a bordo a Singapore sono stati recentemente introdotti degli allestimenti a tema sulle carrozze. L'allestimento consiste nel decorare ed eventualmente profumare la carrozza in modo tale da immergere l'utente in un'atmosfera unica che ricordi l'oggetto pubblicizzato. Questo tipo di allestimenti sembra essere estremamente efficace nel catturare l'attenzione del cliente, che altrimenti tenderebbe ad ignorare le tipologie classiche di pubblicità. Alcuni degli allestimenti effettuati riguardavano un'agenzia di vacanze (un treno allestito come un'isola tropicale e un altro allestito come un campo da golf per rappresentare delle vacanze da sogno) e il lancio di un nuovo piano di assicurazione sanitaria (per il quale due treni erano stati cosparsi di profumo di arance, simbolo appunto della nuova offerta).

Esterno treni

L'esterno dei treni viene utilizzato per somministrare pubblicità agli utenti in attesa sulla banchina. Anche in questo caso il tempo disponibile per visualizzare il messaggio è estremamente breve e nella maggior parte dei casi si tratta di immagini che rimandano a campagne ben note al pubblico.

Nei sistemi di Los Angeles, Londra, Singapore e Pechino sono stati installati dei display posizionati lungo i tunnel che si attivano al passaggio dei treni e permettono di visualizzare pubblicità dinamiche che viaggiano parallelamente ai passeggeri, generando un effetto molto suggestivo. Nei prossimi due anni è prevista l'installazione di sistemi simili negli impianti di Boston, San Francisco, New York e Washington.

ORGANIZZAZIONE DI EVENTI. Interessante è la possibilità di utilizzare in maniera alternativa ed estremamente attraente treni e stazioni.

Le dimensioni e la struttura di alcune stazioni offrono la possibilità di dedicare temporaneamente aree ben definite a iniziative di vario genere. Le maggiori fonti di reddito per il gestore sono anche in questo caso costituite da forme pubblicitarie quali la concessione per l'installazione temporanea di stand espositivi o di vendita e la promozione di prodotti. Degna di nota risulta anche la concessione di spazi per

eventi quali mostre e concerti, che oltre a generare ricavi diretti tende ad incrementare temporaneamente il numero di passeggeri transitanti.

Interessante l'iniziativa in corso a Singapore, dove intere stazioni vengono allestite per eventi particolari come il lancio di produzioni cinematografiche o l'immissione sul mercato di nuovi prodotti. Gli allestimenti hanno il vantaggio di essere apprezzati dai passeggeri, che migliorano la propria percezione della qualità del viaggio, e di generare interesse e curiosità, trasmettendo più facilmente i messaggi pubblicitari.

Alcuni gestori offrono la possibilità di richiedere permessi per forme promozionali quali distribuzioni di campioni gratuiti e interviste a bordo. Queste forme dovrebbero tuttavia essere limitate alle sole ore di bassa affluenza per evitare l'aggravamento dei problemi di sovraffollamento. Gli utenti spesso non gradiscono essere avvicinati da sconosciuti all'interno delle carrozze.

Particolare la recente scelta di alcuni stilisti di moda di presentare le proprie sfilate all'interno di carrozze della metropolitana.

SFRUTTAMENTO DEGLI ASSET. Gli impianti legati al TCSP presentano una molteplicità di asset non utilizzati ai fini della fornitura del servizio di trasporto che possono invece essere adoperati per fornire servizi complementari o semplicemente concessi in locazione a terzi.

L'affitto di beni e spazi costituisce una consistente fonte di profitto potenziale per i gestori dei sistemi di metropolitana. In quest'ambito si osserva una notevole differenza fra i sistemi, spiegabile attraverso il maggiore o minore interesse verso l'aspetto di massimizzazione dei ricavi.

Negozi uffici magazzini e altri immobili

A prescindere dall'interesse più o meno forte da parte delle amministrazioni pubbliche e dei gestori di metropolitana locali a sviluppare attività commerciali all'interno dei sistemi di metropolitana, in tutti i sistemi almeno alcune stazioni prevedono già in fase di progettazione un cospicuo numero di locali dedicati ad ospitare attività commerciali e affini. A queste si vanno ad aggiungere locali inizialmente sviluppati per utilizzo da parte del gestore e poi ridestinati. Le forme più diffuse sono negozi, chioschi e magazzini, ma nelle diverse realtà sono presenti formati non classificabili con funzioni particolari, come ad esempio gli "archi" di Londra.

L'affitto di piccoli locali adatti ad attività commerciali nelle stazioni milanesi più trafficate arriva a generare i 10.000 € annuali (circa 30 metri quadri), mentre nel caso di Londra particolari spazi di medie dimensioni possono essere aggiudicati ad oltre 50.000 £ annuali.

Un business non ancora pienamente sfruttato da molti gestori è quello legato all'affitto di installazioni ATM (Automatic Teller Machine, in Italia detti Bancomat) presso le stazioni della metropolitana. Nel caso di Boston, il ricavo generato da questa tipologia di iniziative si assesta nel range 20-40.000 \$ annuali per stazione (una sola installazione per stazione, assegnata periodicamente tramite asta).

Singapore si pone all'avanguardia nello sviluppo di attività commerciali legate alle stazioni di metropolitana: alcune di esse sono state progettate e costruite in modo tale da poter accogliere dei piccoli centri commerciali chiamati Xchange (Raffles Xchange, Dhoby Xchange), che puntano nel



prossimo futuro a trasformare le stazioni della metropolitana da punti di transito a destinazioni. Questo ambizioso non ha al momento raggiunto i risultati attesi, ma fornisce un'evoluzione del concetto di metropolitana, vista non più esclusivamente come servizio di trasporto ma come punto di attrazione. Agli antipodi, invece, la metropolitana di Torino ha scelto di non destinare spazi ad attività commerciali di alcun genere, riservando i locali della metropolitana alle sole attività legate all'operatività.



La rete metropolitana romana risulta meno sviluppata di altri a livello di attività commerciali classiche ma eccelle nella gamma e quantità di distributori automatici installati. Quasi tutte le stazioni sono infatti fornite di macchinette per le foto istantanee e dei classici distributori di bibite e snack, a cui si stanno però progressivamente affiancando altri prodotti quali libri ("Time Books"), latticini freschi e gelati.

VETTURE, RIPRESE E SERVIZI AD HOC. Alcuni sistemi di TCSP prevedono la possibilità di sviluppare specifiche soluzioni di tipo B2B da concordare con i diversi clienti che possono variare dall'affitto di mezzi e stazioni alla fornitura di servizi normalmente non previsti (alcuni sistemi italiani offrono sui mezzi di superficie servizi speciali quali ristorazione e giri turistici mentre nel campo delle metropolitane questo tipo di iniziative deve ancora essere sviluppato a pieno).

Nelle città italiane è inoltre possibile richiedere i diritti per l'utilizzo degli impianti a fini cinematografici. Anche in questo caso i gestori sono disponibili a concedere vetture in prestito d'uso.

Un'opportunità latente per i sistemi di TCSP con sezioni sotterranee è data inoltre dagli spazi nelle gallerie. Il diametro dei tunnel è infatti solitamente ben superiore alle dimensioni richieste dai treni per il passaggio e permette la deposizione di tubi e cavi con estrema facilità. La tipologia di cablaggio eccellente è la fibra ottica in quanto inerte e quindi non fonte di potenziali incidenti, quale invece potrebbe essere una tubatura di qualsiasi tipo. L'installazione di fasci di fibra ottica si sposa perfettamente con le caratteristiche del sistema ed offre al gestore un importante asset sia per uso interno che da affittare ad altri enti pubblici e privati.



Fig. 66. un "distributore automatico" di libri. Apparecchi come questi si trovano già nelle stazioni del metrò milanese e presto saranno installati anche a Roma. Funzionano come i distributori di merendine. Si seleziona il codice del libro, si inserisce la cifra corrispondente al prezzo et voilà.. il libro è servito.

Non tutti i gestori pubblicizzano questo tipo di iniziativa, motivo per il quale risulta complesso comprenderne la diffusione. Gli impianti di Milano e Tokio ne sono dotati, ma è presumibile che lo siano anche altri sistemi di grandi dimensioni.

SERVIZI INFORMATIVI. La gamma di servizi informativi offribili all'utenza è estremamente vasta. Nella maggior parte dei casi l'informazione non risulta vendibile e viene offerta come servizio a titolo di miglioramento della qualità del viaggio. La collocazione strategica di questo tipo di informazione o l'abbinamento a messaggi pubblicitari permette di incrementare il valore di vendita dello spazio pubblicitario rendendo di fatto economicamente valide installazioni apparentemente gratuite.

Fra i servizi informativi più diffusi troviamo le mappe elettroniche (permettono di calcolare rapidamente il percorso ottimale partenza-destinazione suggerendo la combinazione di mezzi e linee più efficace), le indicazioni relative all'arrivo dei treni successivi e le indicazioni relative ai principali punti di attrazione turistica (monumenti, musei).



In una società costantemente interconnessa grazie a cellulari e rete internet le gallerie e le stazioni della metropolitana sono l'ultima occasione di isolamento dal resto del mondo. Il forte interesse da parte del pubblico e dei gestori di telefonia sta portando la maggior parte dei sistemi a sviluppare una rete di connettività sotterranea garantendo la diffusione del segnale GSM/UMTS e l'accesso alla rete tramite tecnologia wireless.

Questo tipo di business risulta estremamente redditizio per le metropolitane, che a fronte di spese nulle o molto contenute riescono ad ottenere consistenti canoni.

9.4. MODELLI DI PASSENGER-EXPERIENCE

A livello mondiale, nella maggior parte dei sistemi il gestore della linea di Trasporto Collettivo su Sede Propria (TCSP) è un ente pubblico che, oltre a puntare alla riduzione del fabbisogno di contributi, deve fornire un servizio alla comunità. In questo capitolo analizzeremo quindi le opportunità di miglioramento della customer experience (in questo ambito universalmente trattata sotto il nome di *"passenger experience"*) indipendentemente dalla redditività.

Nel caso delle metropolitane, la scelta di non adeguarsi agli standard preesistenti in relazione ad alcuni Buyer Value rimane complessa e da ponderare accuratamente, soprattutto considerando la natura di servizio pubblico. Rimane sicuramente valida l'idea di eccellere nelle caratteristiche che più attirano l'interesse del cliente.

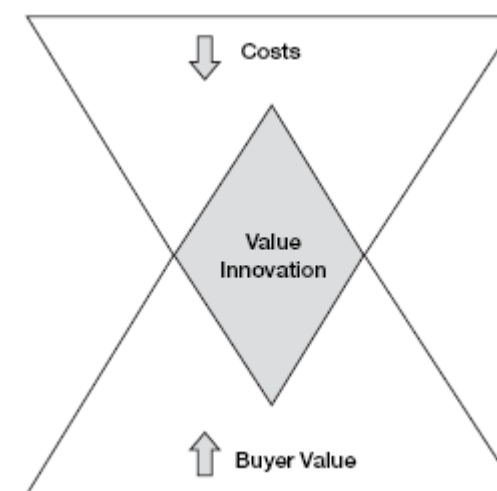


Fig. 67. Blue Oceans Strategy: abbattimento costi a scapito dei Buyer Value di minore interesse e valorizzazione dei Buyer Value più importanti.

La struttura di bisogni degli utenti, articolata su tre livelli di dettaglio successivi, è assimilabile ai seguenti aspetti:

SICURO

- criminalità controllata
 - nessun furto
 - nessun episodio di violenza
 - nessun suicidio
 - nessun atto terroristico
 - assenza di spacciatori/abusivi/affini
- sistemi sicuri
 - nessun incidente

SEMPLICE DA UTILIZZARE

- facile da apprendere
 - facile capire in che direzione andare
 - facile imparare la procedura di bigliettazione
 - facile individuare nuovi percorsi
- facile da utilizzare
 - facile ripetere la procedura di bigliettazione

DI FACILE ACCESSO



- disponibile laddove necessario
 - ci sono stazioni nei punti di mio interesse
- disponibile quando mi serve
 - il servizio è attivo quando voglio utilizzarlo
- posso entrare se non ho contanti
 - possibilità di pagamento con mezzi diversi dai contanti
- facile accedervi da altri mezzi
 - accesso comodo da automobile
 - accesso comodo da mezzi pubblici

AFFIDABILE (SU CUI SI PUÒ CONTARE)

- il servizio non viene sospeso
 - nessun incidente
 - nessuno sciopero
- il servizio ha performance costanti
 - il tempo di viaggio è sempre lo stesso
- conosco lo stato del servizio
 - se ci sono problemi sono informato tempestivamente
 - sono informato su passaggi e tempi di percorrenza

CONVENIENTE

- mi permette di risparmiare soldi
 - costa meno degli altri mezzi
 - più rapido degli altri mezzi a parità di tratto
- mi permette di sfruttare meglio il tempo
 - mi permette di acquistare oggetti/servizi
 - mi permette di comunicare con l'esterno
 - mi permette di ottenere informazioni

DI PIACEVOLE UTILIZZO

- comodo
 - mi posso sedere comodamente quando voglio
 - non ho problemi a trasportare bagagli
 - non devo fare troppa fatica per entrare/uscire
- poco affollato
 - non eccessivamente affollato
- temperatura controllata
 - non fa troppo caldo o freddo
 - non sono soggetto a sbalzi di temperatura
- ambiente non troppo umido

- l'aria non è troppo umida
- non ha un cattivo odore
 - non sento cattivi odori provenienti dal sistema
 - non sento cattivi odori provenienti da altri passeggeri
- pulito
 - non vedo spazzatura in giro
 - le strutture appaiono pulite
- silenzioso
 - non sento rumori eccessivi dovuti al transito
 - non sento rumori eccessivi dovuti agli altri utenti

ESTETICAMENTE ATTRAENTE

- bello
 - le stazioni hanno un look accattivante
 - i treni hanno un look accattivante

SOCIALMENTE UTILE

- non danneggia l'ambiente
 - non produce CO2 e polveri fini
 - utilizza tipi di energia ecologici
- la comunità spreca meno risorse
 - rende più efficienti i trasporti di superficie
 - consuma meno energia
 - consuma meno materie prime e componenti

Grazie alla mappatura dei bisogni e ai dati di letteratura sono individuabili i BUYER VALUE rilevanti del sistema:

1. Sicurezza
2. Semplicità d'uso
3. Disponibilità del servizio
4. Affidabilità
5. Convenienza
6. Comfort
7. Sostenibilità ambientale
8. Informativa non di servizio
9. Estetica
10. Comunicazione

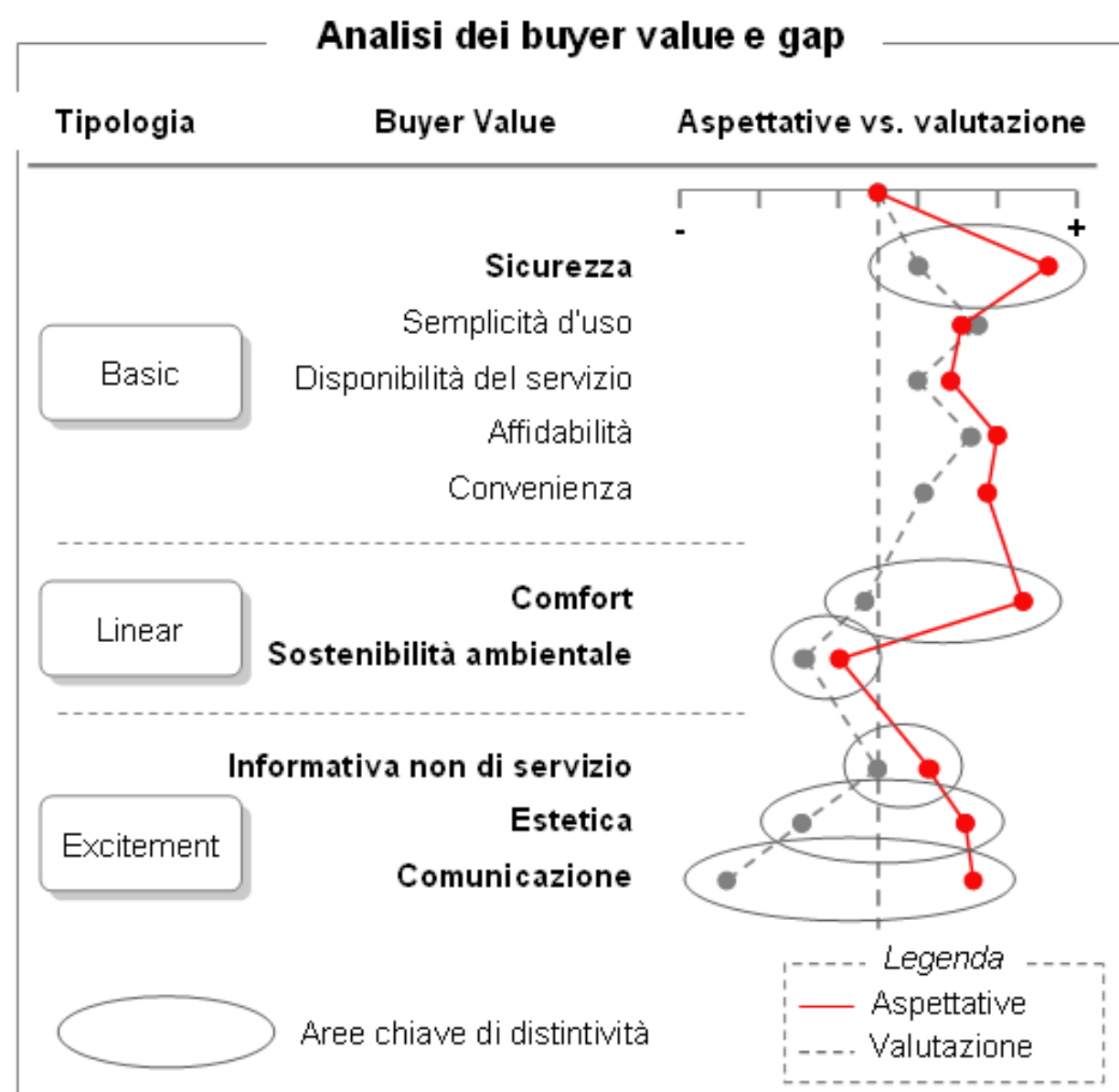


In riferimento alla distinzione degli attributi proposta da Kanu e adattata da Conti, si può suddividere i buyer value (e corrispondenti bisogni dei clienti) in 3 classi:

BASIC: le caratteristiche del sistema date per scontate, la cui carenza genera forte insoddisfazione e per le quali un valore eccessivo di fatto non porta forti benefici al cliente (esempio: sicurezza).

LINEAR ("One-dimension" per gli autori citati): le caratteristiche tipiche del sistema, il cui incremento/decremento genera maggiore soddisfazione in proporzione (esempio: comfort, economicità).

EXCITEMENT: Le caratteristiche non attese dagli utenti, che generano curiosità e interesse, ma la cui eventuale carenza non viene sentita (esempio: comunicazione, estetica).



Per ciascuno dei Buyer Value definiti sono riscontrabili i seguenti aspetti:

SICUREZZA

Problematiche ed opportunità emerse:

- La percezione di sicurezza dell'utenza è influenzata negativamente da:
 - presenza di abusivi (considerata indice di scarso controllo)
 - assenza di attività commerciali
- L'utenza ritiene che l'attuale sistema di controllo basato su telecamere non sia efficace
- Gli interventi di miglioramento della sicurezza negli orari serali hanno scarso impatto, il pericolo percepito è legato al tragitto all'esterno della metropolitana
- La scarsa percezione di sicurezza disincentiva il prelievo via bancomat e gli acquisti

Possibili interventi individuati:

- Potenziamento sistema di telecamere (estensione area monitorata e migliore controllo)
- Annullamento della presenza di venditori abusivi
- Inclusione di maggiori spazi destinabili ad attività commerciali nelle nuove stazioni

COMFORT

Problematiche ed opportunità emerse:

- L'insoddisfazione legata al comfort si traduce, in diversi casi, nel ridotto utilizzo della metropolitana a favore di altri mezzi
- Forte insoddisfazione (scala 1-10) legata a:
 - Temperatura (1,9)
 - Pulizia (3,8)
 - Sovraffollamento (3,8)
 - Cattivi odori (4,6)
 - Rumore (5,3)

Possibili interventi individuati:

- Potenziamento del sistema di climatizzazione (sia sulle vetture che nelle stazioni)
- isolamento delle sedi dei binari (migliora l'efficacia dei sistemi di climatizzazione delle stazioni, evitando il trasferimento incontrollato delle masse d'aria nel sistema)

Problematiche ed opportunità emerse:

- Forte preferenza verso stazioni hi-tech
- Illuminazione inefficace dovuta alla colorazione prevalentemente scura di pavimenti e soffitti
- Preferenza di spazi ampi contrapposti agli attuali cunicoli di accesso
- Esternalità negative generate dall'estetica delle stazioni che impattano negativamente sulla propensione all'acquisto

Possibili interventi individuati:

- Installazione di pannelli LCD per dynamic advertising e monitor Touch Screen
- Utilizzo preferenziale di vetro e metallo per rendere il look delle nuove stazioni più accattivante
- Preferenza di colori chiari e specchi per le superfici delle stazioni
- Ristrutturazione stazioni, creazione di ampi spazi dedicati al transito e ad aree commerciali

COMUNICAZIONE E INFORMATIVA NON DI SERVIZIO

Problematiche ed opportunità emerse:

- Forte interesse per la comunicazione cellulare e per la connettività wireless
- Interesse dell'utenza per l'accesso ad informazioni durante l'utilizzo del servizio in termini di valorizzazione del tempo di transito
- Forte interesse dell'utenza per iniziative combinate trasporto + cinema / teatro / altri eventi
- Alta diffusione di apparecchi mobili personali con funzioni di connettività, utilizzabili come veicolo per l'informativa

Possibili interventi individuati:

- Installazione rete GSM/UMTS
- Installazione rete wireless
- Installazione di display Touch Screen (stazioni e vetture) e sviluppo di applicativi che permettano all'utente di ottenere informazioni durante l'utilizzo della metropolitana

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Problematiche ed opportunità emerse:

- Le tematiche ambientali non influenzano l'utenza nella scelta del mezzo di trasporto
- L'interesse per la sostenibilità ambientale è in costante crescita

- Le alternative "green" sono poco efficienti economicamente ma l'incremento del prezzo dei combustibili fossili potrebbe nei prossimi anni invertire la situazione
- Le installazioni utili in termini di sostenibilità ambientale sono apprezzate dalla comunità e contribuiscono a consolidare un'immagine positiva

Possibili interventi individuati:

- Installazione di generatori elettrici che prelevano una piccola parte dell'energia potenziale dei passeggeri in transito (280 MWh per stazione principale, circa un quarto dell'energia generata da una pala eolica)
- Sostituzione delle superfici delle stazioni (riduzione dei consumi elettrici legati all'illuminazione grazie al minore assorbimento luminoso da parte delle pareti e conseguente minore bisogno di energia a parità di effetto finale)
- Predisposizione del sistema di frenaggio per la conversione dell'energia cinetica in energia elettrica anziché calore (i motori elettrici funzionano come generatori in fase di frenata).

10. NUOVI SCENARI CLIMATICI

Con il termine **riscaldamento globale** (*global warming* nella letteratura scientifica in inglese) si indica generalmente l'aumento nel tempo della temperatura media dell'atmosfera terrestre e degli oceani. Il termine è usato in maniera impropria, in quanto sarebbe più corretto **surriscaldamento globale** in quanto il riscaldamento dell'atmosfera è, in sé, un fatto assolutamente naturale. L'**effetto serra** è un fenomeno naturale e necessario per permettere alla superficie terrestre di avere temperature adatte alla vita, in particolare quella umana: la decomposizione di piante ed animali morti o la normale attività geotermica dei vulcani emettono ingenti quantità di gas serra, ma in questi casi si tratta di emissioni costanti o in lentissima evoluzione (dell'ordine di migliaia o milioni di anni) e per questo non ritenute problematiche. Anche in concomitanza di grandi eruzioni catastrofiche si sono determinate evidenti mutazioni del clima a livello globale (di solito però abbassando le temperature a causa delle eccezionali quantità di polveri emesse in atmosfera, come nel caso delle eruzioni dei vulcani *Pinatubo* o *Krakatoa*). Tuttavia questo genere di fenomeni, in epoche storiche recenti e non, sono stati riassorbiti e non hanno comportato mutamenti permanenti del clima. A parte dunque tale effetto serra naturale, il problema cui ci si riferisce in genere parlando di "riscaldamento globale" è l'eccesso di riscaldamento dovuto ad un più marcato effetto serra, e dunque il conseguente surriscaldamento.

Le concentrazioni globali in atmosfera di anidride carbonica, metano e protossido di azoto sono notevolmente aumentate come risultato dell'attività umana dal 1750 e attualmente superano i valori pre-industriali, come dimostrato dall'analisi delle carote di ghiaccio che rappresentano molte migliaia di anni (fig. 100). L'incremento globale della concentrazione di anidride carbonica è principalmente dovuto all'uso di combustibili fossili ed a cambiamenti di uso del suolo, mentre gli incrementi di metano e protossido di azoto sono principalmente dovuti all'agricoltura.

L'**anidride carbonica** è il più importante gas serra prodotto dell'attività umana. La concentrazione globale di anidride carbonica è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 280 ppm³⁵ ad un valore di 379 ppm nel 2005. La concentrazione atmosferica di anidride carbonica nel 2005 supera notevolmente il range naturale degli ultimi 650000 anni (da 180 a 300 ppm) come determinato dall'analisi delle carote di ghiaccio. Il tasso annuo di crescita della concentrazione di anidride carbonica negli ultimi dieci anni (media 1995-2005: 1.9 ppm all'anno) è stato il più alto da quando sono iniziate le misure dirette in continuo dell'atmosfera (media 1960-2005: 1.4 ppm all'anno), nonostante vi sia una variabilità da un anno all'altro nei tassi di crescita.

La concentrazione atmosferica globale di **metano** è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 715 ppb a 1732 ppb nei primi anni novanta, ed ha raggiunto un valore di 1774 ppb nel 2005. La concentrazione atmosferica di metano del 2005 eccede abbondantemente il range naturale degli ultimi 650000 anni (da 320 a 790 ppb) come determinato dall'analisi delle carote di ghiaccio. I tassi di crescita sono diminuiti a partire dai primi anni novanta, consistentemente con le emissioni totali (somma delle sorgenti antropogeniche e naturali) che sono rimaste quasi costanti durante questo periodo. L'IPCC indica come molto probabile che l'incremento osservato della concentrazione di metano sia dovuto alle attività antropiche, principalmente l'agricoltura e l'uso dei combustibili fossili, ma i contributi relativi delle diverse tipologie di sorgenti non sono ancor ben determinati. La concentrazione atmosferica globale di protossido di azoto è cresciuta da un valore pre-industriale di circa 270 ppb a 319 ppb nel 2005. Il tasso di crescita è rimasto approssimativamente costante dal 1980. Più di un terzo di tutte le emissioni di protossido di azoto sono antropogeniche e principalmente dovute all'agricoltura.

La comprensione dell'influenza antropogenica nel riscaldamento e nel raffreddamento del clima è migliorata rispetto al Third Assessment Report del 2001 pubblicato dall'IPCC, portando alla conclusione³⁶, che l'effetto

³⁵ ppm (parti per milione) o ppb (parti per miliardo) è il rapporto fra il numero di molecole di gas serra e il numero totale di molecole di aria secca. Per esempio: 300 ppm significa 300 molecole di gas serra per milione di molecole di aria secca.

³⁶ L'IPCC, nelle conferenze e nelle Sintesi per i Decisori Politici – essendo un Istituto deputato a relazionare il mondo scientifico con la sfera politico-decisionale ricorre ad un linguaggio asettico e cautelativo - per indicare le probabilità valutate di un esito o di un risultato sono stati utilizzati i seguenti termini, usando il giudizio degli esperti ("expert judgment"): Virtualmente certo ("Virtually certain") > 99% probabilità che avvenga, Estremamente Probabile ("Extremely likely") > 95%, Molto Probabile ("Very likely") > 90%, Probabile ("Likely") > 66%, Più probabile che no ("More likely than not") > 50%, Improbabile ("Unlikely") < 33%, Molto improbabile ("Very unlikely") < 10%, Estremamente Improbabile ("Extremely unlikely") < 5%. Per esprimere il giudizio degli esperti ("expert judgment") sulla correttezza di

globale medio netto delle attività umane dal 1750 sia stato una causa di riscaldamento, con un forzante radiativo di +1,6 [da +0,6 a +2,4] W/m².

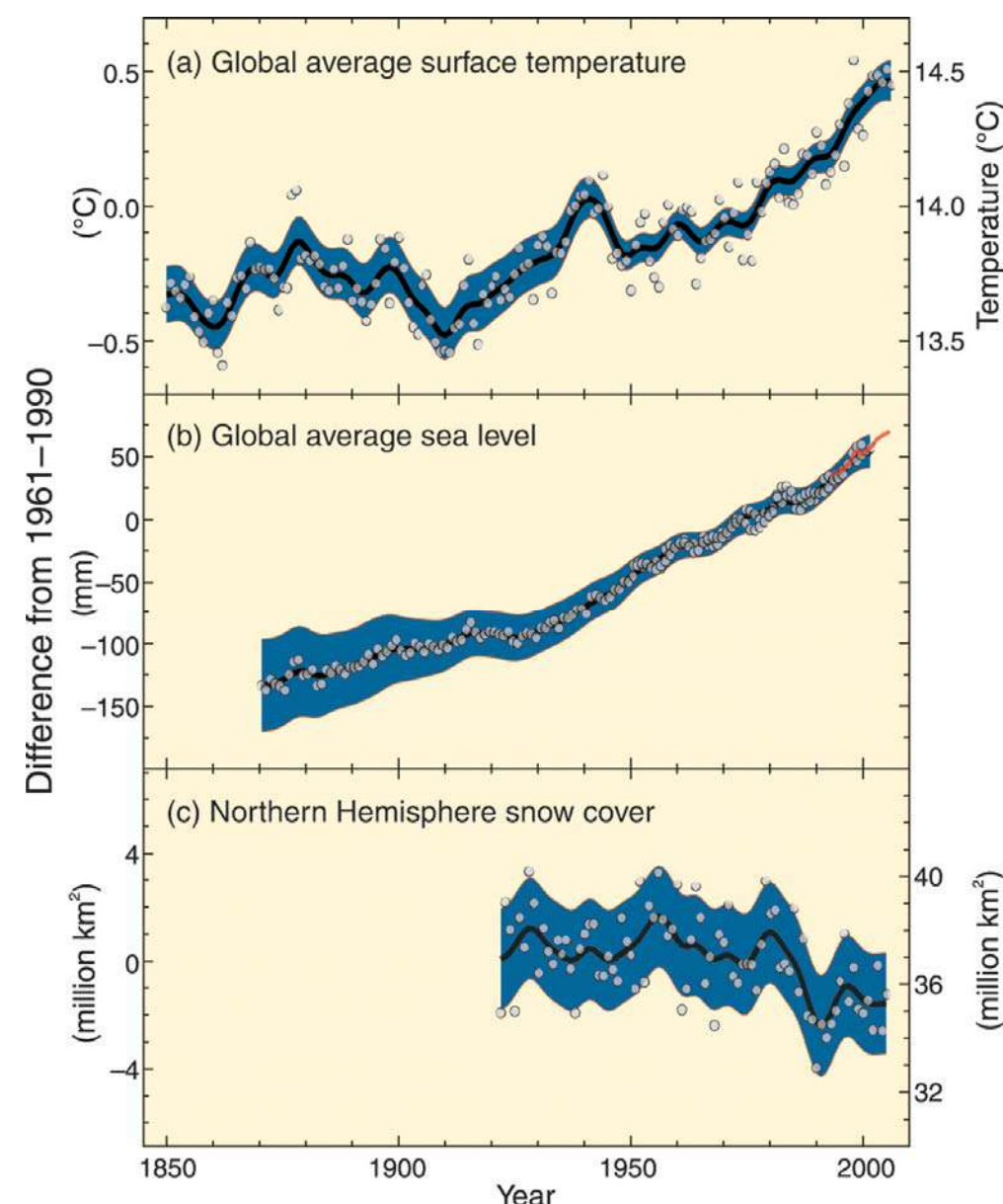


Fig. 68. Effetti del surriscaldamento climatico (IPCC AR4 Synthesis Report – fig. SPM-1).

Il forzante radiativo combinato dovuto agli aumenti di anidride carbonica, metano e protossido di azoto è di +2,30 [da +2,07 a +2,53] W/m², è corretto ritenere che il suo tasso di crescita durante l'era industriale non ha avuto precedenti in più di 10.000 anni. Il forzante radiativo dell'anidride carbonica è cresciuto del 20% dal 1995 al 2005, il cambiamento maggiore di qualsiasi decennio almeno negli ultimi 200 anni.

Dal 2001 sono stati compiuti progressi nella comprensione di come il clima cambi nello spazio e nel tempo, attraverso il miglioramento e l'estensione di numerosi insiemi e analisi di dati, una maggiore copertura geografica, una migliore comprensione delle incertezze, e una maggiore varietà di misurazioni. È disponibile un numero sempre maggiore di osservazioni complete per i ghiacciai e la copertura nevosa a partire dagli anni sessanta, e per il livello del mare e le calotte glaciali da circa lo scorso decennio. Tuttavia, la copertura dei dati rimane ancora limitata in alcune regioni.

un'affermazione, sono stati usati i seguenti livelli di confidenza: confidenza molto elevata ("very high confidence") almeno 9 su 10 possibilità di essere corretto; elevata confidenza ("high confidence") circa 8 su 10 possibilità di essere corretto.



Il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile, come è ora evidente dalle osservazioni dell'aumento delle temperature medie globali dell'aria e delle temperature degli oceani, dello scioglimento diffuso di neve e ghiaccio, e dell'innalzamento del livello del mare medio globale.

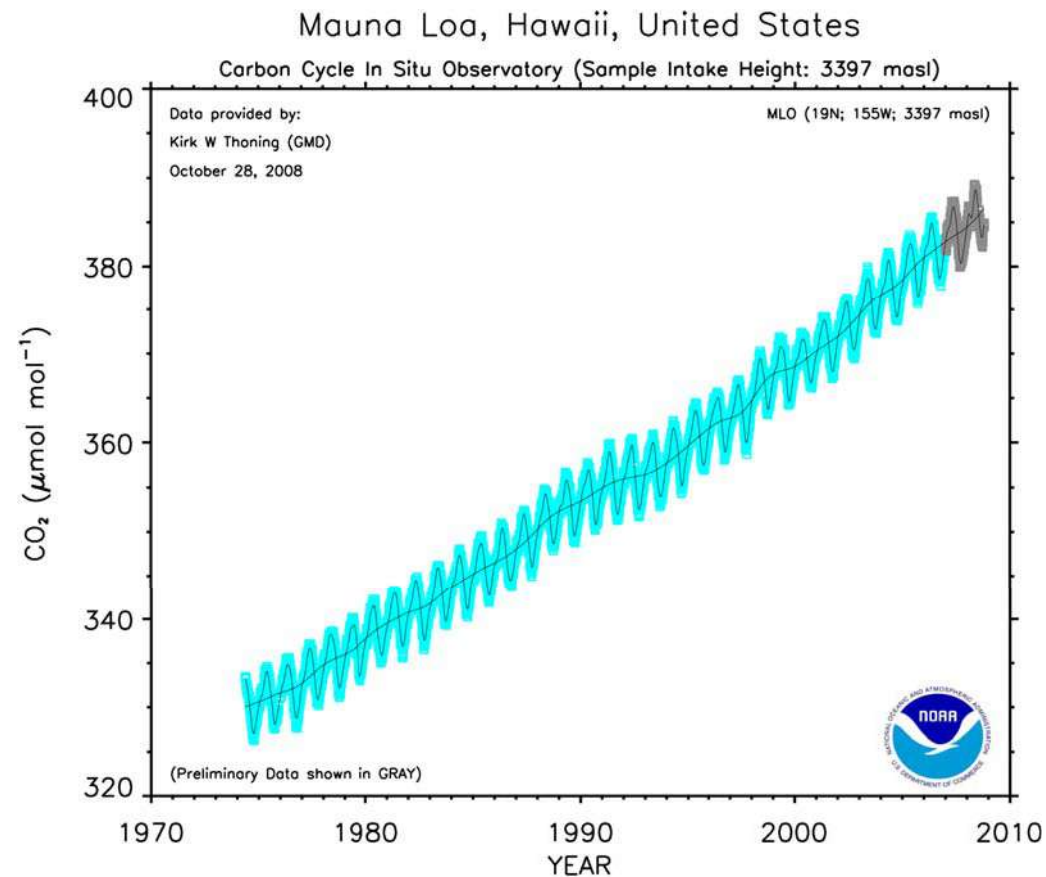


Fig. 69. Concentrazioni mensili di anidride carbonica misurate presso l'osservatorio statunitense di Mauna Loa, nelle isole Hawaii. La struttura è situata nell'isola di Hilo presso Mauna Kea vulcano spento. Il sito è di grande importanza perché, essendo situato al centro dell'oceano Pacifico è considerato come uno di quelli meno influenzato dalle condizioni al contorno e quindi capace di fornire misurazioni "pure" delle concentrazioni di gas nell'atmosfera.

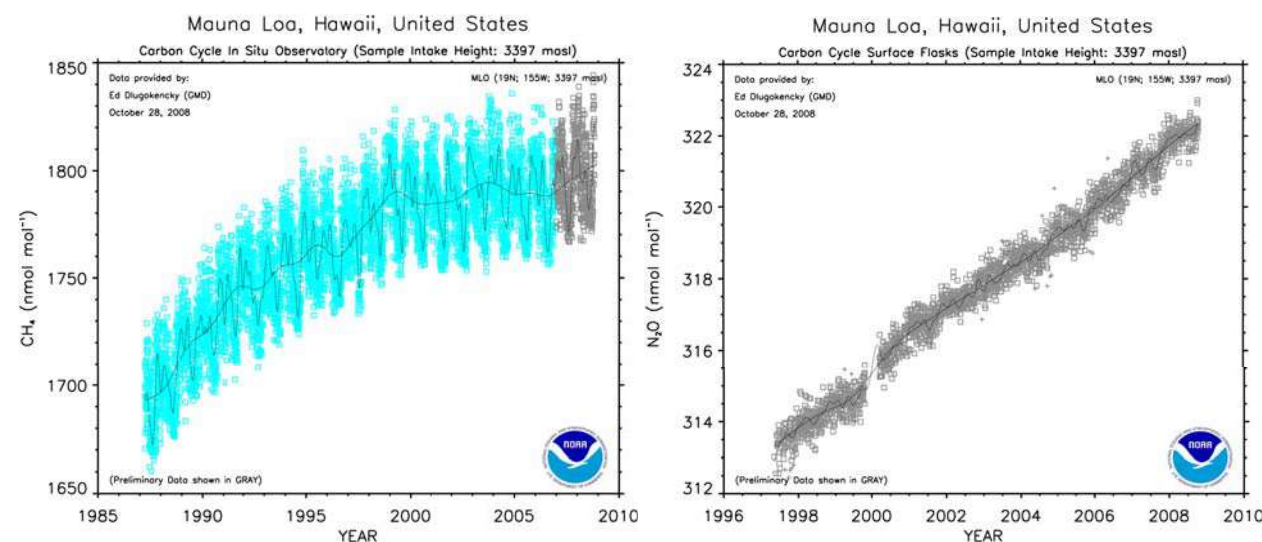


Fig. 70. Concentrazioni mensili di metano e protossido di azoto misurate presso l'osservatorio statunitense di Mauna Loa.

Undici degli ultimi dodici anni (1995-2006) si classificano fra i più caldi mai registrati da quando si hanno misure globali di temperatura alla superficie (dal 1850). Nuove analisi effettuate con palloni aerostatici e misure da satellite della bassa e media troposfera mostrano tassi di riscaldamento simili a quelli misurati per la temperatura della superficie e sono consistenti nelle loro rispettive incertezze, risolvendo così una discrepanza notata nel Rapporto del 2001 dell'IPCC (TAR).

Il contenuto medio di vapore acqueo in atmosfera è aumentato a partire almeno dagli anni ottanta sia sulla terra ferma che sopra gli oceani così come nell'alta troposfera. L'incremento è generalmente largamente consistente con la quantità di vapore acqueo extra che l'aria più calda può trattenere.

Le osservazioni fatte dal 1961 mostrano che la temperatura media degli oceani globali è aumentata fino ad una profondità di almeno 3.000 m, e che l'oceano ha assorbito più dell'80% del calore aggiunto al sistema climatico. Un tale riscaldamento provoca l'espansione dell'acqua marina contribuendo al sollevamento del livello del mare.

I ghiacciai montani e la copertura nevosa sono mediamente diminuiti in entrambi gli emisferi. La vasta diminuzione dei ghiacciai e delle calotte di ghiaccio ha contribuito all'innalzamento del livello del mare (le calotte di ghiaccio non includono i contributi delle calotte glaciali della Groenlandia e dell'Antartide).

I nuovi dati mostrano che la **perdita di quantità di ghiaccio** dalle calotte glaciali in Groenlandia e in Antartide ha molto probabilmente contribuito all'innalzamento del livello marino fra il 1993 e il 2003. In Groenlandia ed Antartide è aumentata la velocità di flusso di alcune lingue glaciali che trasportano ghiaccio dall'interno delle calotte glaciali. Il corrispondente aumento di perdita di massa della calotta glaciale ha spesso avuto come conseguenza l'assottigliamento, la riduzione o la perdita di banchisa di ghiaccio o il distacco di lingue glaciali galleggianti. Questa riduzione dinamica del ghiaccio è sufficiente a spiegare la maggior parte delle perdite nette di massa in Antartide e approssimativamente la metà della perdita netta di massa in Groenlandia. La rimanente quantità di ghiaccio perso dalla Groenlandia può essere spiegata con la perdita dovuta allo scioglimento delle nevi che ha superato l'accumulo dovuto alle nevicate.

Il livello del mare medio globale è cresciuto ad un tasso medio di 1,8 (da 1,3 a 2,3) mm all'anno dal 1961 al 2003. Il tasso di crescita è stato maggiore durante il periodo 1993-2003: circa 3,1 (da 2,4 a 3,8) mm all'anno. Non è chiaro se il più veloce tasso di crescita nel periodo 1993-2003 rifletta la variabilità decennale o un incremento del trend nel lungo termine. È altamente probabile che il tasso osservato di innalzamento del livello del mare sia aumentato dal XIX al XX secolo. La stima dell'innalzamento totale per il XX secolo è pari a 0,17 (da 0,12 a 0,22) m.

Sono stati osservati numerosi cambiamenti del clima di lungo termine alle scale continentali, regionali e di bacino oceanico. Questi cambiamenti includono variazioni delle temperature e dei ghiacci nell'Artico, estese variazioni delle quantità delle precipitazioni, della salinità dell'oceano, delle strutture dei venti e delle tipologie di eventi estremi come siccità, forti precipitazioni, ondate di calore e intensità dei cicloni tropicali.

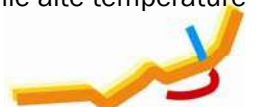
Nella zona Artica, le temperature alla superficie dello strato di permafrost sono generalmente aumentate a partire dagli anni ottanta (fino a 3 °C). Dal 1900, la massima area coperta stagionalmente da terreno ghiacciato è diminuita di circa il 7% nell'emisfero Nord, con una diminuzione durante la primavera fino al 15%.

Su molte grandi regioni sono stati osservati trend di lungo termine dal 1900 al 2005 delle quantità delle precipitazioni. Sono stati osservati significativi incrementi delle precipitazioni nelle parti orientali del Nord e del Sud America, nel Nord Europa e in Asia settentrionale e centrale. E' stata osservata una tendenza alla siccità nel Sahel, nel Mediterraneo, nell'Africa meridionale e in parti dell'Asia meridionale. Le precipitazioni hanno un'alta variabilità spaziale e temporale, e i dati disponibili in alcune regioni sono limitati. Non sono stati osservati trend di lungo termine per le altre grandi regioni valutate.

La diminuzione di salinità degli oceani alle medie e alte latitudini insieme all'aumento della salinità degli oceani alle basse latitudini suggeriscono un cambiamento delle precipitazioni e dell'evaporazione sopra gli oceani.

A partire dagli anni sessanta i venti occidentali alle medie latitudini si sono intensificati in entrambi gli emisferi.

Sono state osservate siccità più lunghe e più intense in aree sempre più estese a partire dagli anni settanta, particolarmente nelle zone tropicali e sub-tropicali. L'aumento di periodi secchi, collegati alle alte temperature



e alla diminuzione delle precipitazioni, ha contribuito ai cambiamenti nelle siccità. I cambiamenti della temperatura alla superficie del mare, delle strutture dei venti e la diminuzione del manto nevoso e della copertura nevosa sono anch'essi collegati alle siccità.

La frequenza degli eventi di forte precipitazione è aumentata sopra la maggior parte delle terre emerse, in linea con il riscaldamento e con gli aumenti osservati di vapore acqueo in atmosfera.

Negli ultimi 50 anni sono stati osservati ampi cambiamenti delle temperature estreme. Giorni freddi, notti fredde e gelate sono diventati meno frequenti, mentre i giorni caldi, le notti calde e le ondate di calore sono diventate più frequenti.

La conclusione più importante contenuta nel Rapporto IPCC del 2007, rispetto a quello del 2001 è la seguente:

La maggior parte dell'aumento osservato delle temperature medie globali dalla metà del XX secolo, è molto probabilmente dovuta all'aumento osservato delle concentrazioni di gas serra di origine antropica. Questo è un risultato nuovo rispetto alle conclusioni del TAR, per il quale "la maggior parte del riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni è probabilmente dovuto all'aumento osservato delle concentrazioni di gas serra". Ora evidenti influenze dell'attività umana si estendono anche ad altri aspetti del clima, inclusi il riscaldamento degli oceani, l'aumento delle temperature medie sui continenti, le temperature estreme e le strutture dei venti.

Continuare ad emettere gas serra ad un tasso uguale o superiore a quello attuale, causerebbe un ulteriore riscaldamento e provocherebbe molti cambiamenti nel sistema climatico globale durante il XXI secolo: questi cambiamenti saranno con estrema probabilità maggiori di quelli osservati durante il XX secolo.

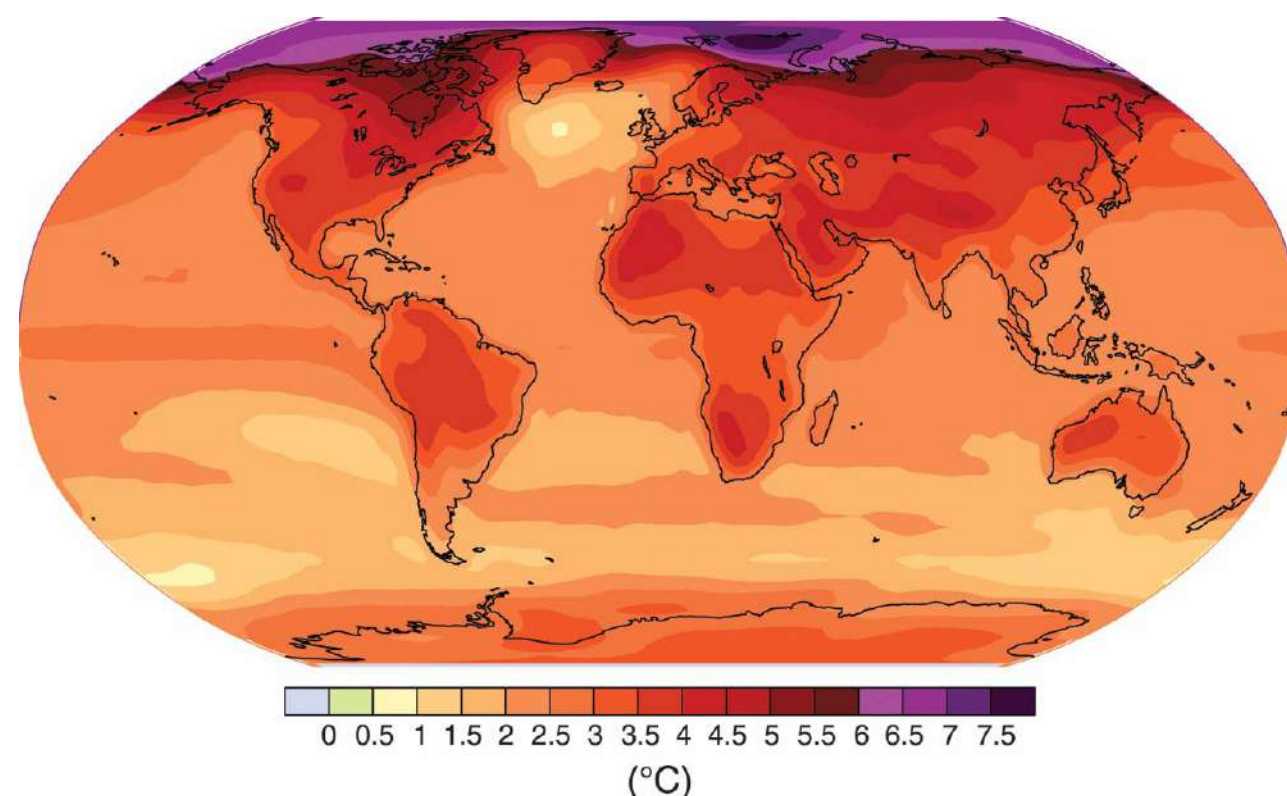


Fig. 71. stime di incremento dell'incremento delle temperature medie atteso per il 2090-2099 secondo gli attuali modelli accoppiati dell'oceano (ghiaccio marino) e dell'atmosfera (modelli AOGM).

L'**Intergovernmental Panel on Climate Change** (foro intergovernativo sul mutamento climatico, IPCC) è il foro scientifico formato nel 1988 da due organismi delle Nazioni Unite, la World Meteorological Organization (WMO) e l'United Nations Environment Programme (UNEP) allo scopo di studiare il riscaldamento globale. Esso è organizzato in tre gruppi di lavoro:

- il gruppo di lavoro I si occupa delle basi scientifiche dei cambiamenti climatici;
- il gruppo di lavoro II si occupa degli impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali e umani, delle opzioni di adattamento e della loro vulnerabilità;
- il gruppo di lavoro III si occupa della mitigazione dei cambiamenti climatici, cioè della riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

I "*rapporti di valutazione*" periodicamente diffusi dall'IPCC sono alla base di accordi mondiali quali la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici e il Protocollo di Kyoto che la attua. Nel 2007 il comitato ha vinto il premio Nobel per la pace (in data 12 ottobre).

L'IPCC non svolge direttamente attività di ricerca né di monitoraggio o raccolta dati: l'IPCC fonda le sue valutazioni principalmente su letteratura scientifica pubblicata in seguito a peer review (revisione paritaria). Tutti i rapporti tecnici dell'IPCC sono a loro volta soggetti a procedure di controllo e revisione: i rapporti sintetici (oggetto di attenzione mediatica) sono soggetti anche a revisione da parte dei governi.

L'attività principale dell'IPCC è la preparazione a intervalli regolari di valutazioni esaustive e aggiornate delle informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche rilevanti per la comprensione dei mutamenti climatici indotti dall'uomo, degli impatti potenziali dei mutamenti climatici e delle alternative di mitigazione e adattamento disponibili per le politiche pubbliche.

Pur essendovi ormai moltissime evidenze scientifiche³⁷ confutate da modelli climatologici³⁸, il dibattito continua ad essere intenso. Un campo di serrato confronto è il graduale scioglimento della calotta artica e il suo essere un fenomeno del tutto nuovo – per intensità e velocità – o un fenomeno ciclico. Il confronto recentemente si è spostato dalla negazione assoluta, da parte di alcuni, del fenomeno in atto, al fatto che – pur ammettendo l'esistenza e l'intensità – sia un fatto assolutamente "naturale" e ciclico, già ad esempio verificatosi nel corso dei primi anni del Novecento, in tempi non sospetti circa il volume di emissioni da

³⁷ Nell'ambito della comunicazione scientifica la selezione degli articoli degni di pubblicazione avviene tramite revisione paritaria o revisione paritetica (in inglese chiamata **peer review**), cioè una valutazione fatta da specialisti. Gli editori e le agenzie di finanziamento usano la revisione paritaria per selezionare le proposte ricevute. Questo processo inoltre costringe gli autori ad adeguarsi agli standard della loro disciplina. Pubblicazioni e premi che non abbiano subito una revisione paritaria sono generalmente guardati con sospetto dai ricercatori e dai professionisti di molte discipline.

³⁸ Il **metodo scientifico** è la modalità tipica con cui la scienza procede per raggiungere una conoscenza della realtà oggettiva, affidabile, verificabile e condivisibile. Esso consiste, da una parte, nella raccolta di evidenza empirica e misurabile attraverso l'osservazione e l'esperimento; dall'altra, nella formulazione di ipotesi e teorie da sottoporre nuovamente al vaglio dell'esperimento. La scienza moderna, secondo il modello galileiano, fa distinzione tra l'aspetto sperimentale e quello teorico: né uno né l'altro sono preponderanti, poiché fa parte del metodo scientifico che un modello teorico spieghi un'osservazione sperimentale ed anticipi future osservazioni. Uno dei punti basilari è la riproducibilità degli esperimenti, ovvero la possibilità che un dato fenomeno possa essere riproposto e studiato in tutti i laboratori del mondo. Non sempre è possibile riprodurre sperimentalmente delle osservazioni naturali pertanto proprio in scienze come l'astronomia o la meteorologia, dove non è possibile riprodurre molti dei fenomeni osservati si ricorre ad osservazioni e simulazioni digitali.

I **modelli climatici globali** tradizionali presentano una risoluzione orizzontale di 250 km ed una risoluzione verticale di 1 km, mentre le versioni più aggiornate vantano risoluzioni ancora più precise. La risoluzione orizzontale di un modello oceanico tradizionale è pari a 125 - 250 km, mentre quella verticale raggiunge i 200 - 400 m. In verticale l'atmosfera si suddivide, ad esempio, in circa 20 strati, raggiungendo un'altitudine di quasi 30 km.

Gli strati dei modelli oceanici presentano una profondità di 5000 m fino a raggiungere il fondo marino. I processi fisici di piccola scala che sono inferiori alle dimensioni delle celle della griglia non possono essere scomposte visualmente. Il loro impatto netto sui processi a larga scala viene valutato ed incluso all'interno del modello mediante parametrizzazione. Nell'atmosfera questo riguarda in modo particolare la formazione delle nuvole, mentre negli oceani riguarda vortici su piccola scala e processi di convezione.

Le equazioni sono state studiate per modellare la dinamica in corrispondenza dei punti della griglia. Se viene modellata anche la chimica dell'atmosfera, le reazioni avvengono in una particolare particella d'aria in un periodo di tempo finito. Benché i modelli a griglia fissa considerino anche i movimenti orizzontali, potrebbe essere più vantaggioso simulare le reazioni in una particella d'aria in movimento. Tali modelli vengono definiti langrangiani in contrapposizione ai modelli euleriani a griglia fissa. Tuttavia i modelli langrangiani non sono applicabili allo studio del clima.

La qualità dei risultati di tali modelli che simulano il clima futuro dipende anche dalla risoluzione della griglia. Evidentemente, più fitte sono le maglie della griglia, maggiore sarà la risoluzione. Tutto ciò, a sua volta, è in funzione della capacità del computer. Per elaborare i modelli climatici vengono utilizzati i computer più potenti al mondo la cui capacità è in continua evoluzione. In tal modo, sarà possibile eseguire calcoli sempre più dettagliati per i prossimi rapporti IPCC.

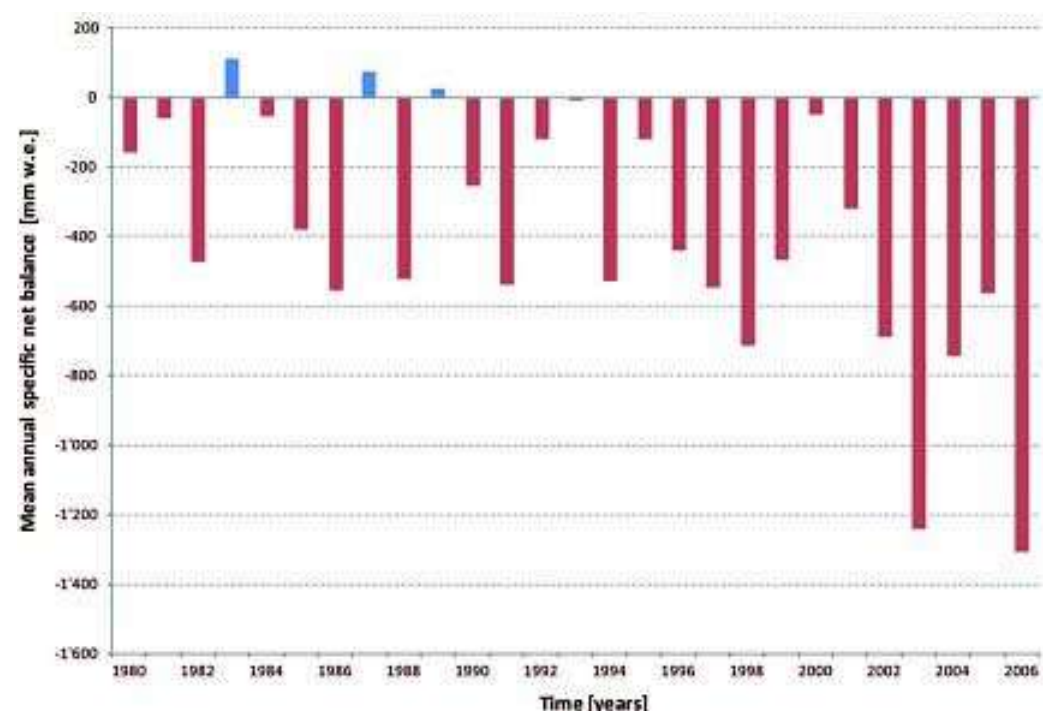
combustibili fossili. Senza entrare nel merito del dibattito può essere interessante riportare differenze e analogie fra i due riscaldamento artici dell'ultimo secolo, cioè tra quello odierno e quello degli anni 30, partendo proprio dalle analogie:

- l'Artico si sta scaldando oggi e si scaldò grossomodo nel periodo fra fine anni 20 e inizio anni 40 (Johannessen et al. 2004, Bengtsson et al. 2004, Polyakov et al. 2005).
- Il riscaldamento è sincronico a quello globale.
- È accentuato da anomali pattern della circolazione (molto meridionali, anziché zonali), oggi soprattutto sul NPAC, allora sul NATL (Bengtsson et al. 2004, Overland 2008).

Passando alle differenze si riscontrano diversi fattori:

- Di quantità: oggi più intenso rispetto al precedente (Johannessen et al. 2004, Bengtsson et al. 2004, Polyakov et al. 2005, Overland e Wang 2007, Overland 2008).
- Geografico: oggi comprende quasi tutto il bacino artico, allora principalmente concentrato sul NATL (a causa di ripetuti HP sulla Russia europea associati a NAO+ e conseguente vento geostrofico diretto dal NATL e dalle coste europee verso la Scandinavia e poi l'Artico) (Bengtsson et al. 2004, Overland 2008).
- Di profilo verticale: oggi il riscaldamento è presente anche in quota (troposfera medio-bassa), allora principalmente al suolo (Grant 2008).
- Negli anni 30 su Groenlandia, Scandinavia e Russia occidentale in inverno (e parzialmente anche in estate) al suolo e solamente su Groenlandia in autunno anche in quota. Oggi: ovunque in tutte le stagioni e anche in quota, tranne sul NPAC (Bering) d'inverno (nessun trend al suolo e raffreddamento in quota). Trend più netto: in primavera, soprattutto sull'Artico pacifico (Bering-Beaufort).
- Di qualità dei ghiacci marini: oggi molto probabilmente meno spessi di allora (Serreze 2008, Laxon, Perovich).

Per quanto riguarda la massa glaciale nelle zone temperate, nei nuovi dati dell'UNEP (United Nations Environment Programme) si legge che la velocità con cui si sciolgono alcuni dei ghiacciai montani in varie parti del mondo è raddoppiata negli ultimi anni. I dati sono stati raccolti ed esaminati dal WGMS (World Glacier Monitoring Service). Non è un problema estetico o di spiccata sensibilità ambientale, Achim Steiner dell'UNEP ricorda che "milioni, se non miliardi di persone, dipendono direttamente o indirettamente da questi serbatoi naturali per le riserve di acqua potabile, l'irrigazione agricola o il funzionamento di industrie e la produzione di energia in momenti chiave dell'anno." Basti ricordare che, in Italia la costanza della portata estiva dei fiumi padani e dello stesso Po è garantita dal flusso fisiologico di scioglimento dei ghiacciai e delle nevi perenni nel semestre caldo.



Nella figura è riportata la serie storica del bilancio di massa, ovvero il rapporto tra accumulo e scioglimento di ghiaccio dal 1980 al 2006. In ordinata ci sono i mm w.e. ovvero i millimetri di acqua equivalente persi (in rosso) o guadagnati (in blu) in un anno. Mediamente, un metro di acqua equivalente corrisponde ad 1,1 metri di spessore del ghiaccio.

I ghiacciai che hanno mostrato lo scioglimento più evidente sono proprio quelli alpini e in generale delle medie latitudini: Austria, Norvegia, Svezia, Italia, Spagna e Svizzera. Ecco che i dati, in cui si legge che la perdita media di spessore negli anni 1980-1999 era di 30 centimetri all'anno ed è arrivata a 50 cm/anno di media in questo secolo, assumono un chiaro e forte significato economico.

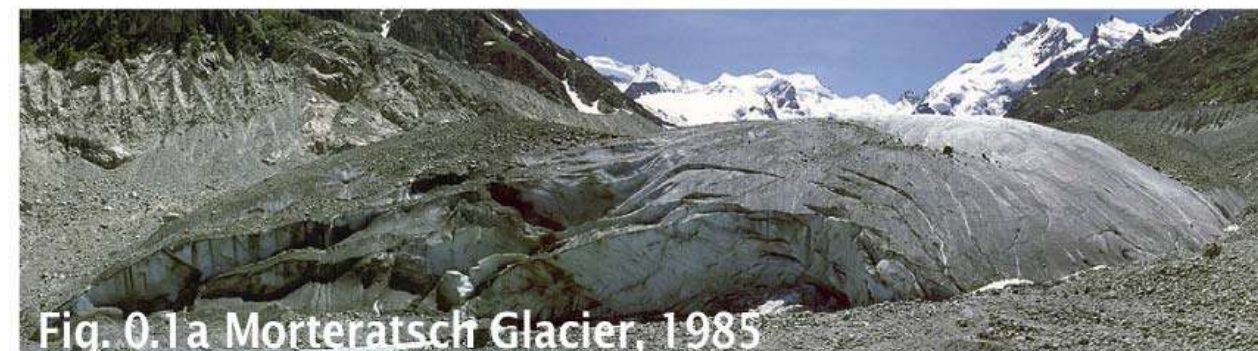


Fig. 72. Morteratsch Glacier, 1985-2007. Recessione del Morteratsch Glacier, Svizzera, tra il 1985 e il 2007. Fonte: J. Alean, SwissEduc (www.swisseduc.ch) / Glaciers online.



Fig. 73. Briksdalsbreen Glacier. Avanzamento e ritiro del Briksdalsbreen, un ghiacciaio esterno facente parte del Jostedalsbreen, Norvegia, in una serie di fotografie degli anni 1989, 1995, 2001 e 2007. Fonte: S. Winkler, University of Würzburg, Germania.

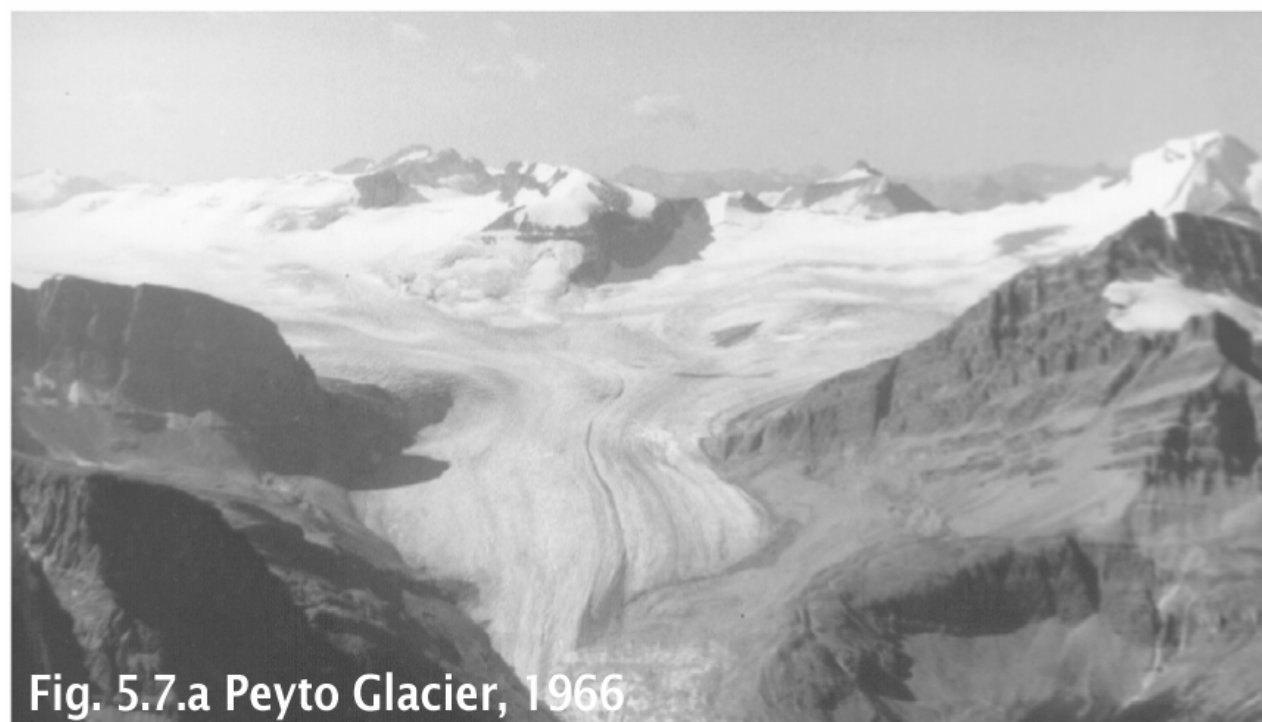


Fig. 5.7.a Peyto Glacier, 1966



Fig. 5.7.b Peyto Glacier, 2001

Fig. 74. Peyto Glacier, 1966-2001. Ritiro del Peyto Glacier, Canadian Rockies, tra il 1966 e il 2001. Fonte: W.E.S. Henoch and M.N. Demuth, Canada.



Fig. 7.1a Muir Glacier, 1941



Fig. 7.1b Muir Glacier, 2004

Fig. 75. Muir Glacier, 1941-2004. Fotografie comparative del ghiacciaio di Muir Glacier, Alaska, che è un tipico ghiacciaio tidale. La foto 7.1a è stata scattata il 13 agosto 1941 da W. O. Field; la fotografia 7.1b è stata scattata il 31 agosto 2004 da B. F. Molnia della United States Geological Survey. Fonte: US National Snow and Ice Data Center.



Fig. 76. Monte Kilimanjaro, 1950-1999. Vista del ghiacciaio settentrionale del Kilimanjaro, Tanzania. Fonte: fotografia in alto scattata alla fine degli anni Cinquanta da J. West, la fotografia in basso è stata scattata nel 1999 da J. Jafferji.

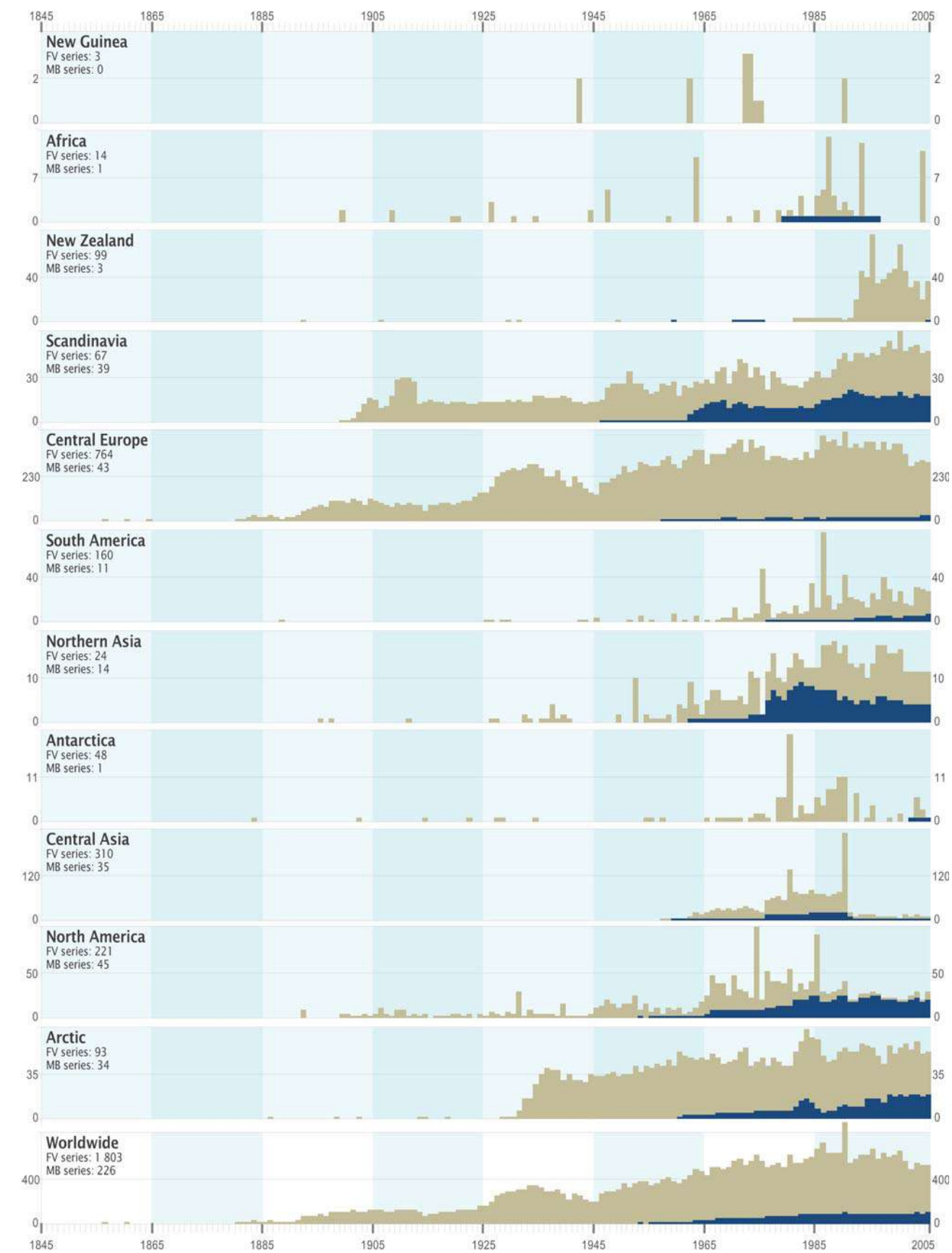


Fig. 77. Numero di report su osservazioni certificate di variazioni di lunghezza e massa di ghiacciai per aree geografiche. Serie temporale delle osservazioni sulla variazione di lunghezza (barre marroni) e di bilancio di massa (barre blu). Fonte: United Nations Environment Programme su dati WGMS - world glacier monitoring service.



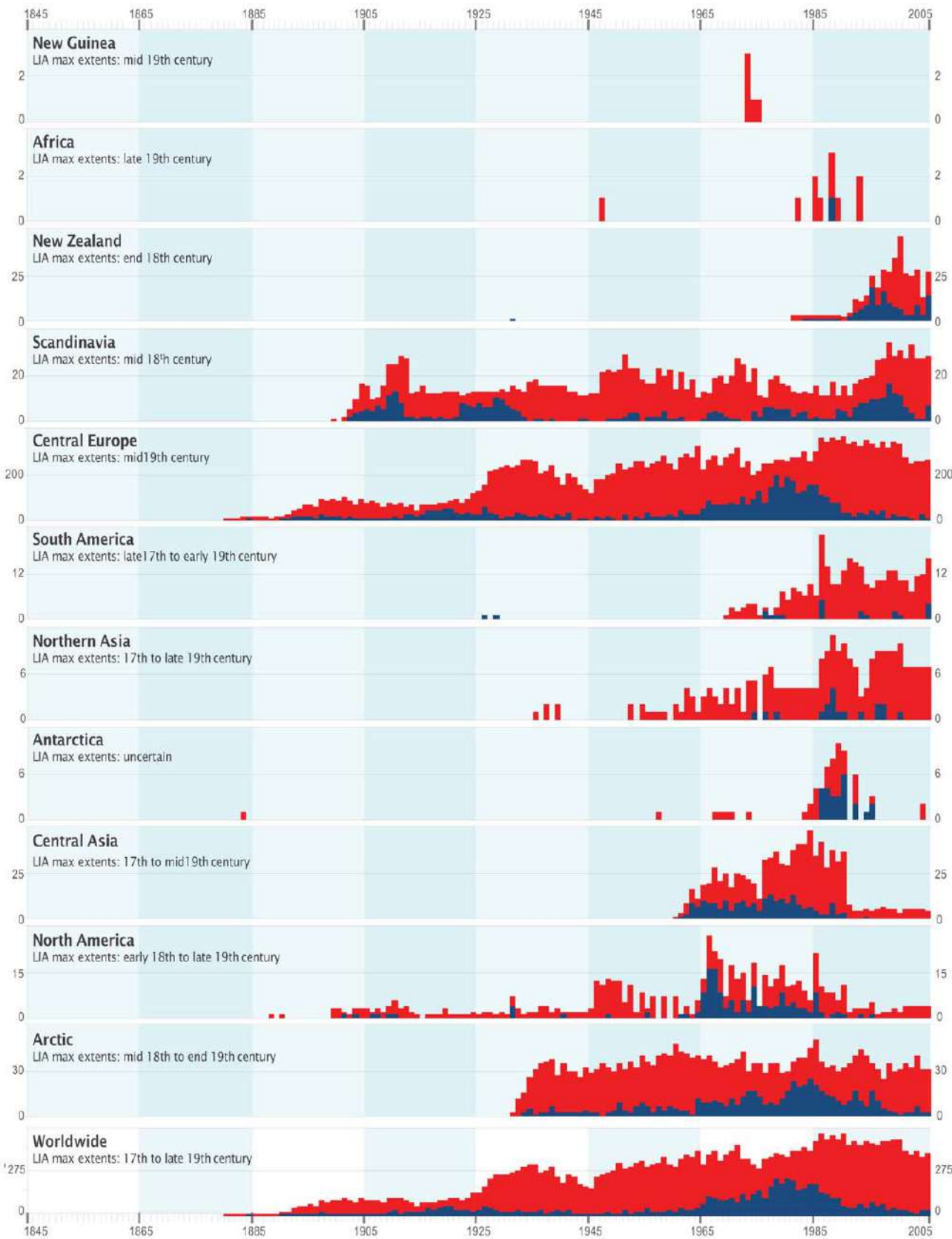


Fig. 78. Serie temporale a breve termine delle variazioni di lunghezza dei ghiacciai. Il numero di avanzamenti (blu) e ritiri (rosso) dei ghiacciai sono tracciati in sovrapposizione. Il grafico mostra 30.420 osservazioni certificate di variazioni di lunghezza con un intervallo di tempo inferiore a 4 anni (tra indagine e anno di riferimento). Ciò corrisponde a quasi l'85 per cento dei dati che comprendono altre osservazioni che coprono un arco temporale più lungo e / o condizioni stazionarie. Si noti il ridimensionamento del numero di ghiacciai sull'asse y in rapporto alle variazioni tra le regioni. Fonte: elaborazione UNEP su dati da R. Prinz, Università di Innsbruck, Austria; dati da WGMS.

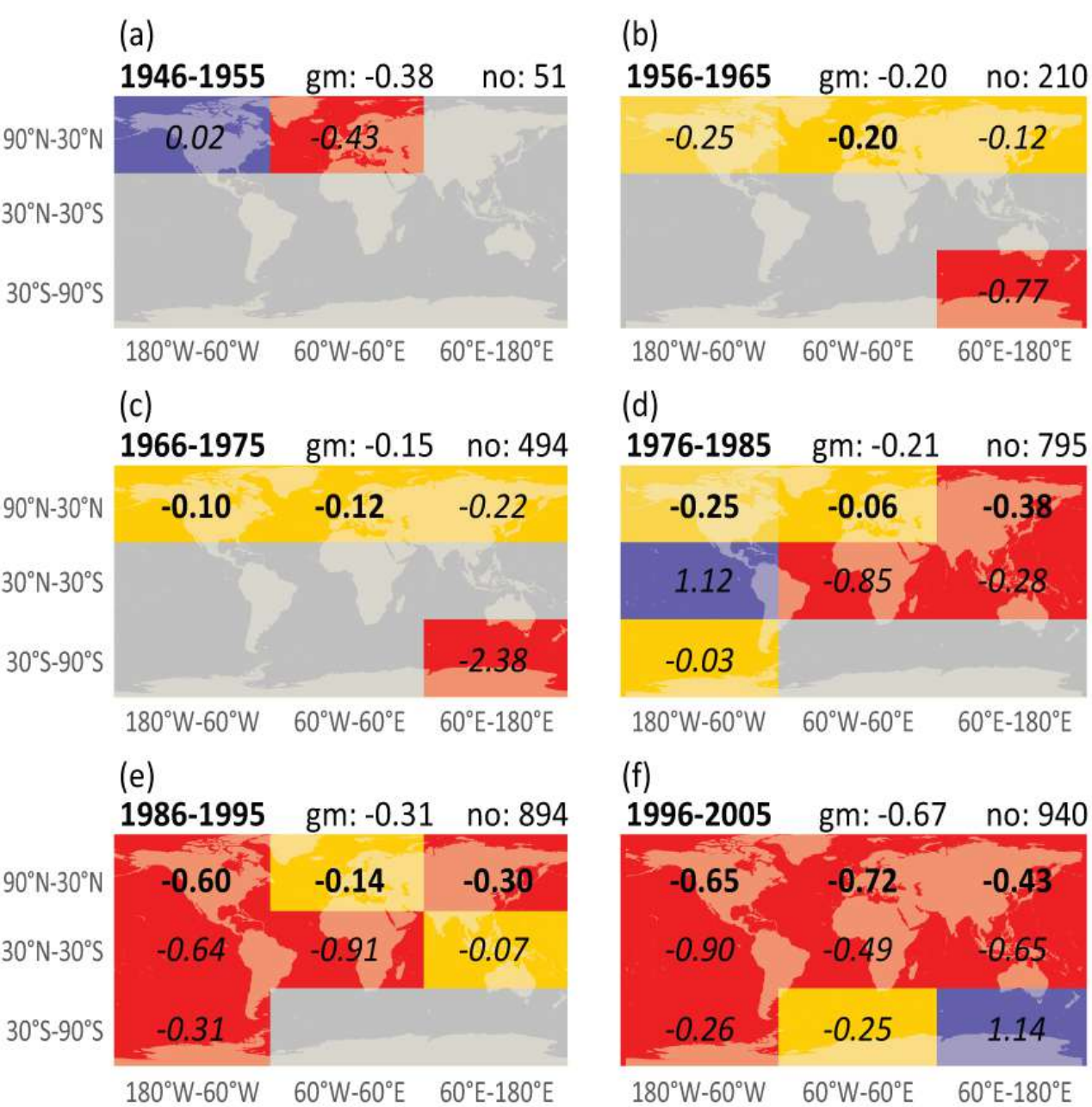


Fig. 79. Panoramica spazio-temporale delle medie decadal del bilancio di massa dei ghiacciai per macroaree geografiche. La media annuale di bilancio di massa per nove settori del globo è indicata per i decenni (a) 1946/55, (b) 1956/65, (c) 1966/75, (d) 1976/85, (e), 1986-95, e (f), 1996-2005. I settori sono colorati al segno della variazione per il periodo di osservazione della media annuale di bilancio di massa: blu per saldi positivi; rosso per le perdite fino a 0,25 m; arancio per le variazioni minori considerabili come sostanziali mantenimenti; grigio per settori con assenza di dati. i in grigio. Le media decadal basate su valori inferiori a 100 osservazioni (in corsivo) sono meno rappresentative per l'intero settore. Per ogni decennio sono indicati la media globale (GM) annuale di bilancio di massa in (m) e il numero di osservazioni (no). Fonte: elaborazione UNEP su WGMS.



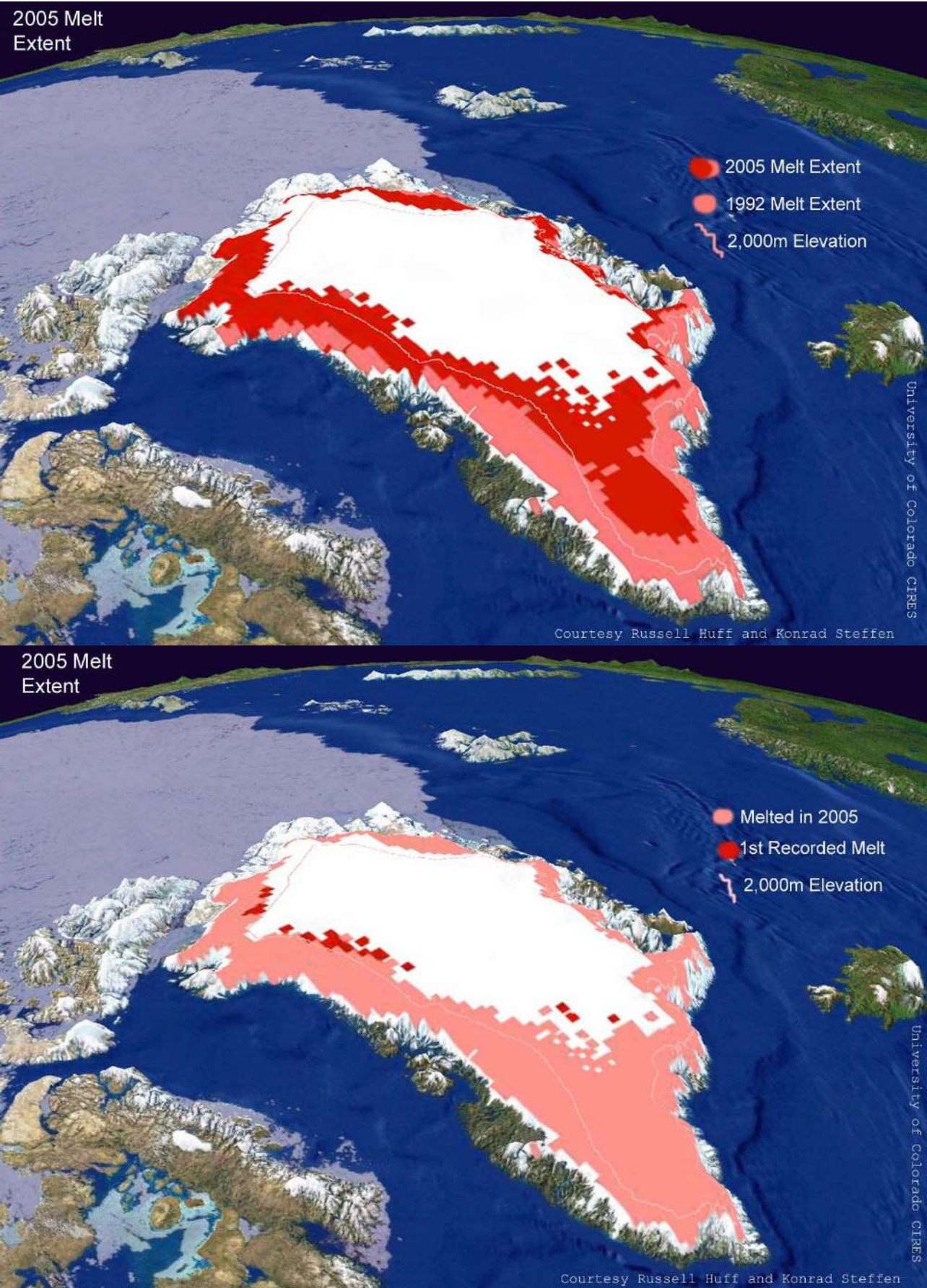


Fig. 80. Groenlandia: confronto delle aree interessate da scioglimento estivo nel periodo 1992-2005. Fonte: Greenland Melt Extent, 2005 Konrad Steffen and Russell Huff Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES), University of Colorado at Boulder, CO 80309-0216.

<http://cires.colorado.edu/steffen/greenland/melt2005/>

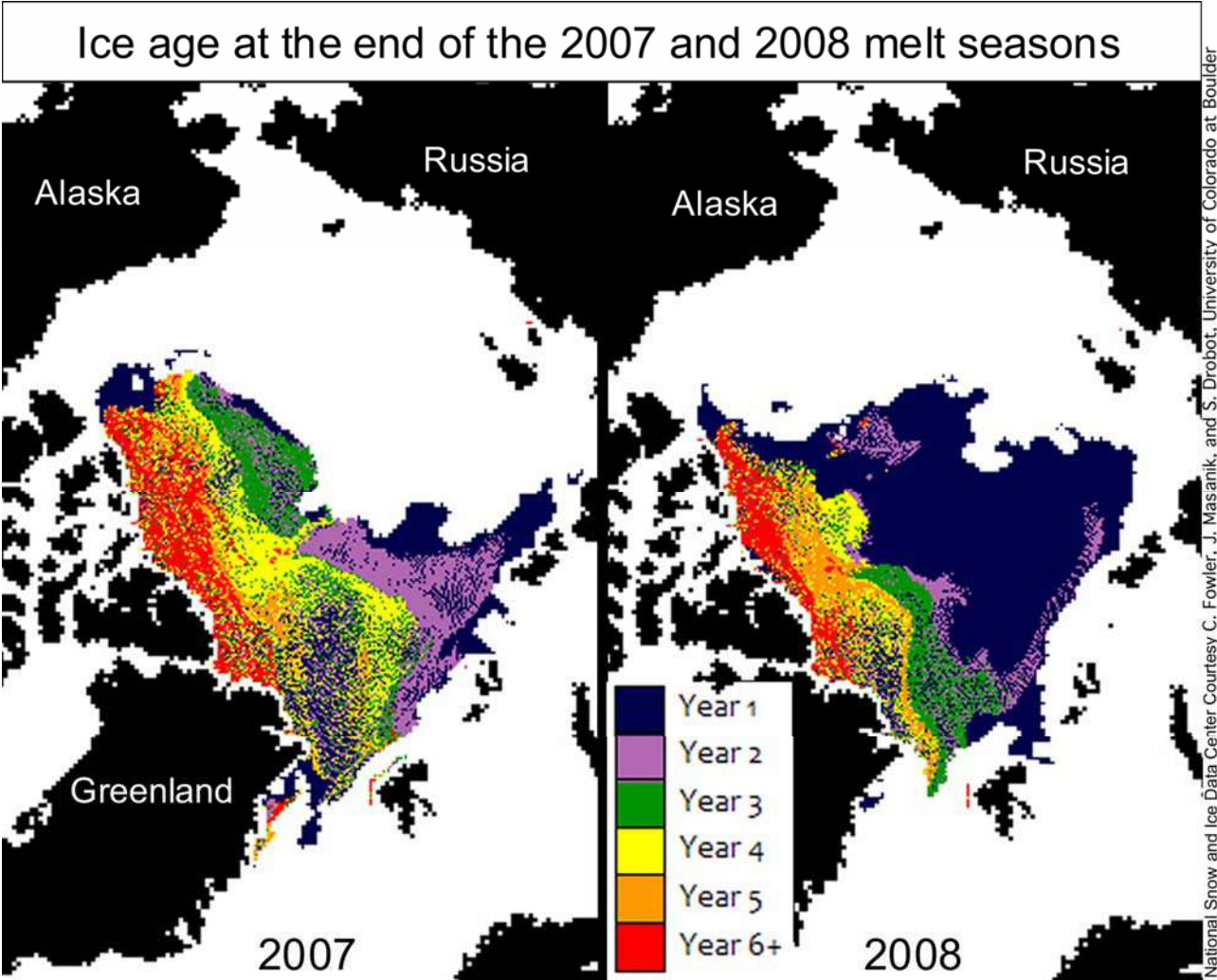


Fig. 81. Artico, confronto tra il minimo estivo del 2007 (15-20 settembre) e quello del 2008. Si nota una discreta ripresa nel 2008, pur essendo in assoluto il secondo minimo nella serie di osservazioni satellitari che si effettua dal 1974. Per il 2008 si nota una diminuzione di ghiaccio pluriennale (dai 5 anni in su) a fronte di un forte aumento dei ghiacci annuali (ghiacci di spessore ridotto e maggiormente esposti alle variazioni stagionali quindi meno stabili). Fonte: NSDIC (<http://nsidc.org/arcticseaicenews/>).

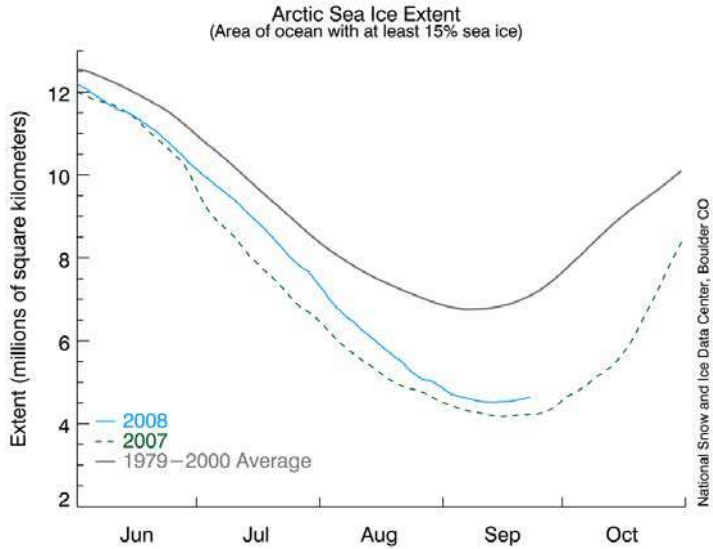
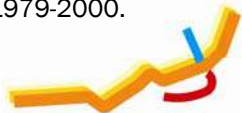


Fig. 82. Confronto tra le curve 2007 e 2008 di estensione dei ghiacci artici con la media 1979-2000.



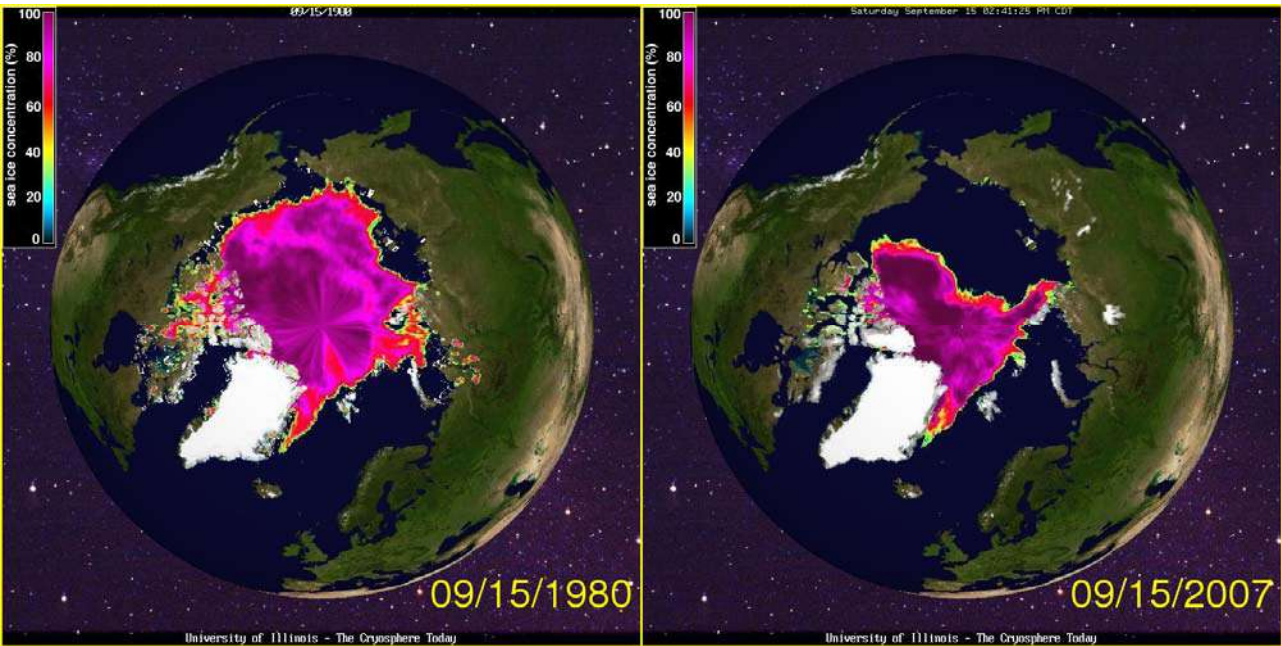


Fig. 83. Articolo: confronto della superficie ghiacciata nel settembre 1980 e nello stesso periodo del 2007.

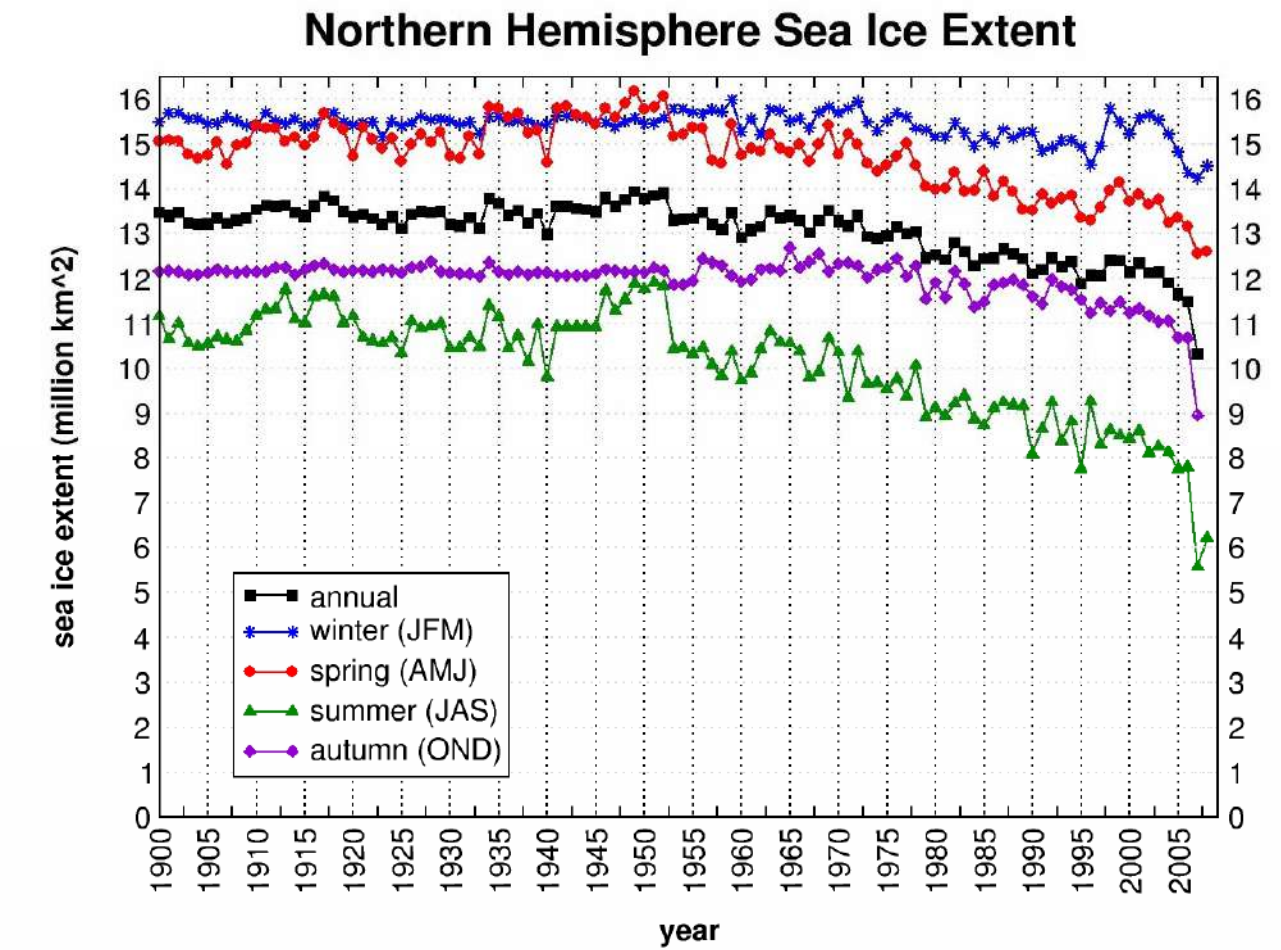
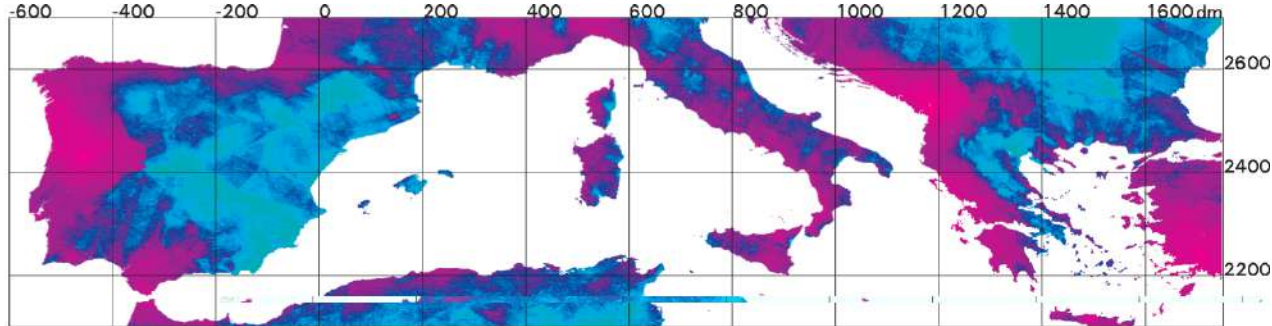
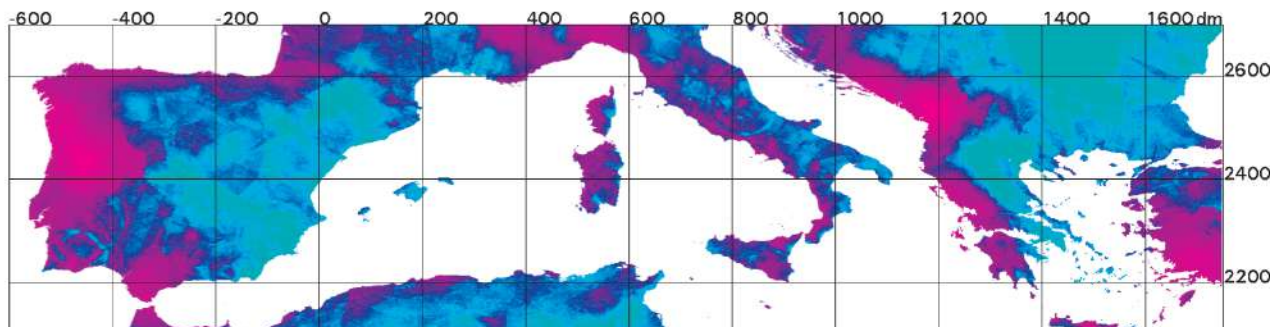


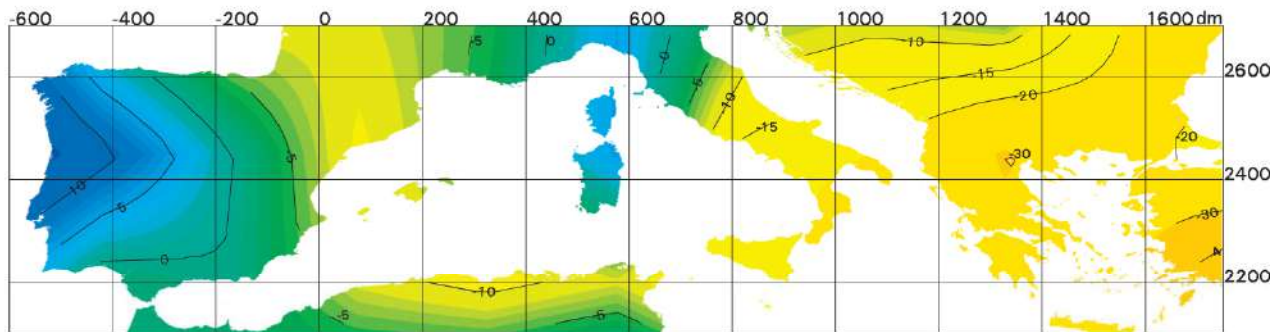
Fig. 84. Variazione dei ghiacci artici dal 1900 al 2008: si nota il picco di minimo del 2007 e la debole risalita del 2008. Fonte: <http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/>



a) 2052-89: media delle precipitazioni 74,5 mm



b) 2030-39: media delle precipitazioni 64,9 mm



c) Variazione delle precipitazioni al periodo 2030-39

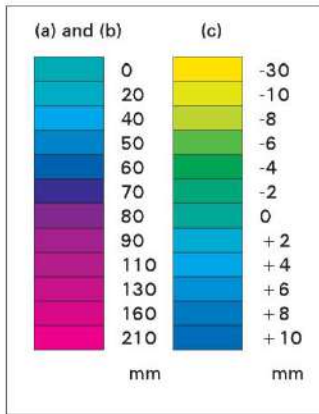


Fig. 85. Cambiamenti climatici nel Mediterraneo: variazione delle precipitazioni nel trimestre invernale. Elaborazione di Maureen Agnew per il MEDALUS project - <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/projects/medalus/>



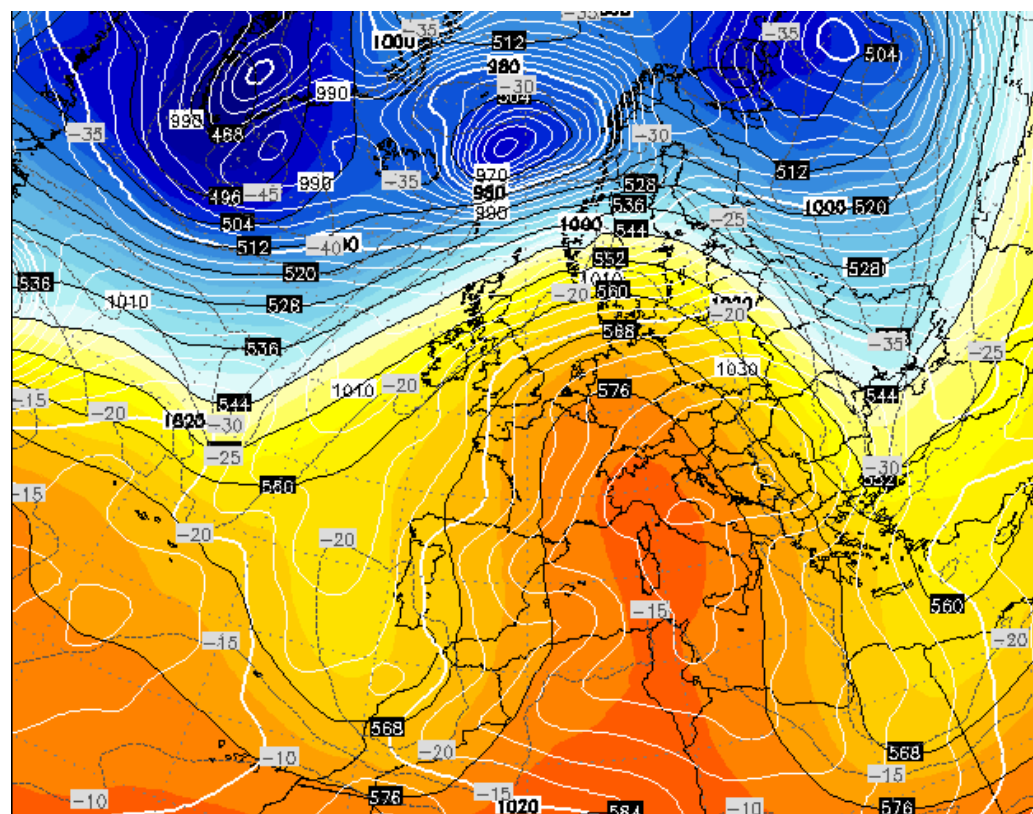


Fig. 86. Tipica avvezione calda causata dalle variazioni della corrente a getto appena esaminate: mese invernale (Febbraio) instabilità su Penisola Iberica e Grecia e anticiclone subtropicale sull'Italia. Stabilità, nebbie e foschie dense, accumulo di inquinanti nei bassi strati e massime sopra le medie anche di una decina di gradi.

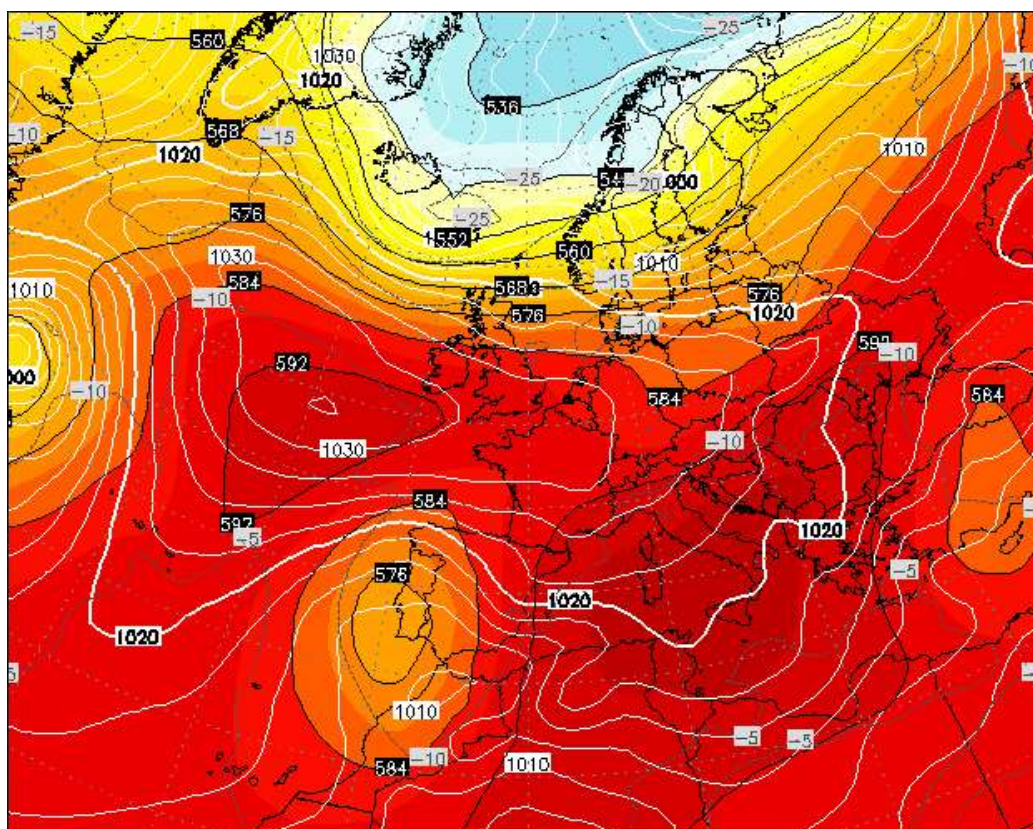
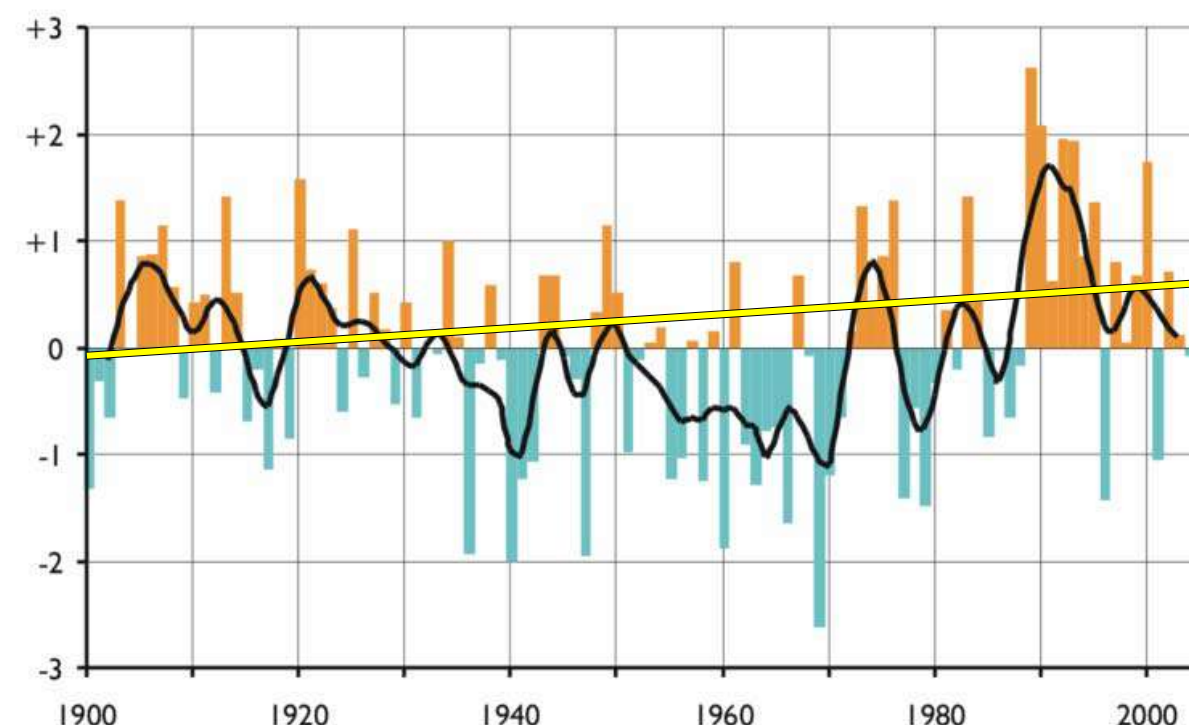


Fig. 87. 25 agosto 2007: medesima configurazione. A Roma si toccano i 40,7°; 42,4° a Latina.



L'oscillazione nord atlantica (NAO) è un fenomeno climatico periodico su larga scala che influisce notevolmente sul clima e sul tempo meteorologico, prevalentemente nel periodo invernale, delle zone continentali dell'area nord atlantica e particolarmente importante in Europa. Questo fenomeno è stato scoperto negli anni '20 del 1900 da Sir Gilbert Thomas Walker.

La NAO si manifesta modificando l'intensità delle aree di bassa pressione sull'Islanda e di alta pressione sulle Azzorre. Questo ha diverse importanti ripercussioni sulla circolazione alle medie latitudini. Riferendosi ad una situazione di circolazione atmosferica media, se è presente un gradiente di pressione maggiore i venti occidentali (*westerlies*) sono più intensi e diretti verso nord-est (High NAO, NAO+), al contrario, se è minore, i *westerlies* sono più deboli e la circolazione è prevalentemente zonale (Low NAO, NAO-); questo ha ripercussioni sulla storm track atlantica che viene spostata più a nord o più a sud rispettivamente.

Inoltre, dal momento che le correnti occidentali raccolgono umidità dall'Atlantico, questo fenomeno influisce sulla precipitazione nell'Europa, ad esempio in presenza di High NAO si hanno inverni con precipitazioni maggiori nell'Europa settentrionale contrapposte a scarsa piovosità sulle regioni del mediterraneo, e viceversa nel caso di NAO-. Un altro effetto è quello di originare flussi di aria calda/fredda che influenzano il clima di una buona parte dell'emisfero settentrionale, infatti in una condizione di High NAO le correnti occidentali vengono deviate verso nord-est portando aria calda da zone di latitudine circa 30°-40° fino ad aree sub-polari (~60°) con un aumento di temperatura che può arrivare anche a 1,5°C in tutta l'Europa settentrionale e gran parte dell'Asia.

L'indice NAO è fondamentale nel descrivere il tempo meteorologico sul Mediterraneo e sull'Italia. Come raffigurato nelle figg. 120, una NAO + comporta per l'Italia l'estendersi dell'anticiclone delle Azzorre, con tempo stabile e soleggiato: a questo spesso si unisce una componente africana con l'ingerenza sempre più presente negli ultimi dieci anni dell'anticiclone subtropicale (anticiclone africano). Questa figura è responsabile di ondate di calore con temperature molto elevate in estate o lunghi periodi siccitosi e miti in inverno.

Una NAO - indica la presenza di un anticiclone sulle isole britanniche - cosiddetto anticiclone di blocco - con interruzione del flusso atlantico umido e apportatore delle normali piogge in autunno e primavera con discese fredde dalle latitudini polari sin verso il bacino del Mediterraneo.

C'è da notare che negli ultimi anni questa eventualità si è fatta sempre più rara e occasionale con effetti molto meno pronunciati di quanto non accedesse nel periodo 1961-90.

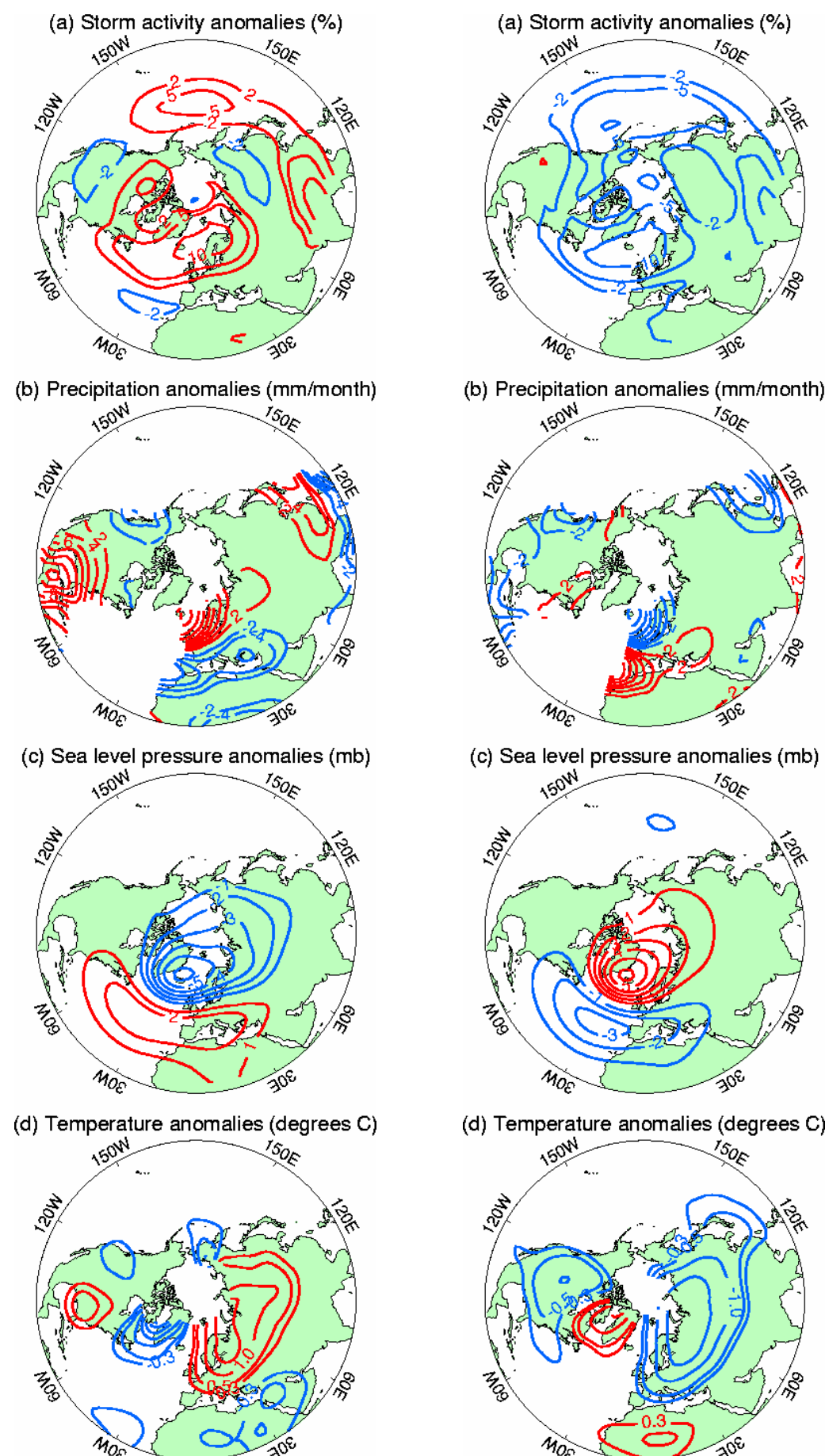


Fig. 88. A destra configurazioni invernali con NAO positiva. A sinistra con NAO negativa.

Le elaborazioni statistiche effettuate sui dati di temperatura provenienti dalle principali stazioni meteorologiche italiane, dimostrano ampiamente quello che già da parecchi anni gli esperti sostengono riguardo alla tendenza a un graduale e costante rialzo termico. Rispetto al ventennio 1960-79 la temperatura ha subito un incremento su tutta l'Italia e in tutte le stagioni dell'anno, con valori particolarmente pronunciati in estate per quel che riguarda le massime sull'intero Paese (+0,6-0,7 °C) e le minime per quel che riguarda le regioni settentrionali per tutto l'arco dell'anno (+0,7-0,8 °C).

Piove di meno su tutto il Paese e in ogni periodo dell'anno: il dato di sintesi è una diminuzione del 14% a livello nazionale delle piogge che cadono in media in un anno, ma il calo è diffuso, evidente in ogni stagione e quasi in ogni mese e città. Dalle analisi dei dati raccolti dall'Aeronautica Militare spicca come il Nord sia l'area geografica con i cali più evidenti in ogni stagione, dal -8% della primavera fino al -37% dell'inverno. Forti sono stati i decrementi nella fascia tirrenica, soprattutto nel periodo autunnale: da oltre 3 anni la costiera romana non viene interessata dalle tipiche libecciate. Questo è uno degli effetti più evidenti del cambio circolatorio evidenziato nel paragrafo recedente, oltre alla maggiore incidenza delle ondate di calore estive.

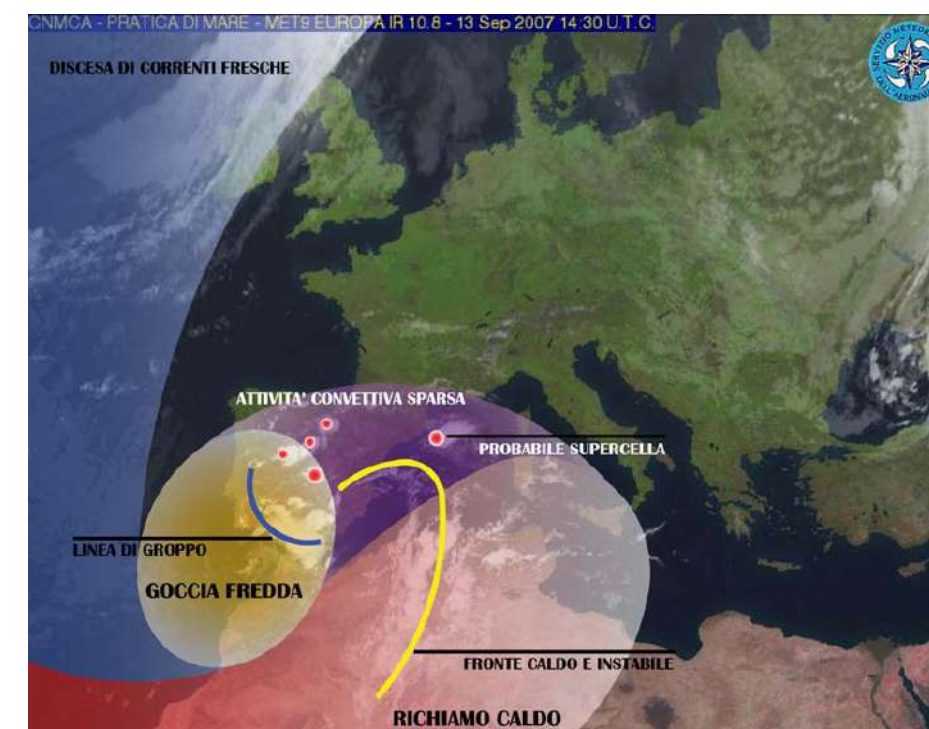


Fig. 89. Una configurazione meteorologica sempre più usuale per l'Italia: bassa pressione sulla penisola Iberica con discesa fresca in atlantico e cuneo caldo e stabile sulla penisola.

L'assenza di piogge va fatta risalire alla minore frequenza delle fasi di maltempo e quindi al minor numero di perturbazioni che transitano sulla penisola. Il rinomato Anticiclone delle Azzorre tende sempre più spesso a disporsi, anziché lungo i paralleli come negli anni passati, in posizione meridiano estendendosi sin oltre l'Inghilterra. Da questa posizione impedisce l'ingresso nel Mediterraneo alle perturbazioni che si trovano la strada sbarrata e sono costrette ad aggirare questa salda struttura (nel gennaio 2008 sulla Francia e sulla Germania si sono toccati valori pressori eccezionali di 1053 hPa) finendo così per saltare con regolarità l'area Mediterranea.

Analizzando le tabelle dell'Aeronautica Militare si nota un unico "ma": alcuni picchi precipitativi medi del 23% sulle regioni centrali, del 40% al Nord e del 21% al Sud concentrati nel trimestre autunnale. A parte la terribile stagione 2006-7, l'autunno ha visto lo sviluppo di intense depressioni Mediterranee (senza nessun intervento da parte delle perturbazioni atlantiche) sviluppatesi acquisendo energia e vapore dal contrasto termico tra avvezioni fresche o fredde dai Balcani e le acque calde del Mediterraneo che a parità di latitudine sono 4-5 °C più calde del vicino Oceano Atlantico.

Nell'ultimo decennio la temperatura media estiva è aumentata di circa 1,1 °C e nei mari intorno alla penisola il surplus di calore immagazzinato durante l'estate rende più lento il loro raffreddamento. Misure effettuate dal satellite (Meteosat; NASA) hanno evidenziato come la superficie del mare sia più calda rispetto al ventennio 1960-80 di 0,7 °C. ne consegue che l'aria fredda che nei mesi autunnali entra nel Mediterraneo trova un mare



ancora più caldo rispetto al passato rendendo così più efficace il meccanismo con cui si sviluppano queste depressioni piovose.

È bene sottolineare che il carico pluviometrico apportato da queste strutture non si distribuisce mai uniformemente come avverrebbe se fosse distribuito da una perturbazione atlantica e cioè in maniera uniforme e distribuita sul territorio. L'estrema complessità geomorfologica del territorio italiano e la minore estensione della struttura perturbata unitamente alla maggiore intensità dei fenomeni (una perturbazione è una struttura lineare che si sviluppa lungo un fronte perturbato a sviluppo lineare di 1500-2000 km; una bassa pressione Mediterranea origina fronti fortemente arcuati difficilmente superiori ai 700-800 km) genera fortissime disparità da zona a zona. Sovente, anche a distanza di poche centinaia di km si passa dall'assenza di piogge a fenomeni a carattere alluvionale.

In sostanza le piogge sono più rade, più concentrate nel tempo e spesso più intense e violente con quantitativi giornalieri anche molto consistenti a fronte di lunghi periodi siccitosi, causati da perturbazioni "più attive", nate da contrasti termici più accentuati con le acque del Mediterraneo sempre più tiepide.

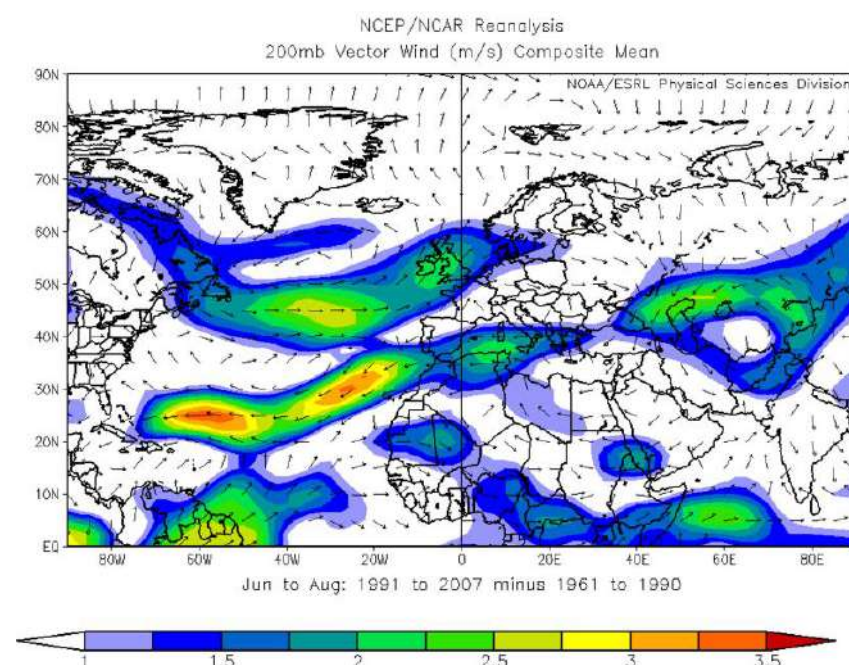


Fig. 90. Variazioni della velocità delle correnti a getto tra il periodo 1961-90 e 1991-2007.

Il campo barico alle quote medio-alte della troposfera è caratterizzato da una profonda depressione sulle aree polari (vortice polare) e da una fascia di alte pressioni sulla zona equatoriale. Poiché il vento intorno ai centri di bassa pressione ruota in senso antiorario nell'emisfero nord e in verso orario in quello sud, ne discende che la circolazione atmosferica alle quote medio-alte, in entrambi gli emisferi, è di tipo zonale ossia diretta secondo i paralleli e orientata da ovest verso est (correnti occidentali). Sono proprio queste correnti a trasportare le grandi ondulazioni le grandi ondulazioni in senso meridiano (*onde di Rossby*) che hanno un ruolo fondamentale nella genesi degli scambi equatore-poli e delle perturbazioni delle medie latitudini. Le correnti a getto non scorrono tese come una corda parallela ai paralleli ma, a causa della rotazione terrestre si arcuano come una frusta che schiocca dai poli verso l'equatore, originando ondate di caldo e avvezioni fredde e le tipiche perturbazioni autunnali che investono l'Italia da ovest.

Nelle mappe riportate si trova la posizione e la direzione del getto (vettore vento a 200hPa) attorno al globo, sia per quanto riguarda il trentennio 61-90 (rispetto al quale ho voluto vedere il cambiamento) sia il periodo 1991-2007. Se si va ad analizzare ora gli ultimi 18 anni si riscontra quanto segue. La media del vettore vento a 200 hPa per il periodo 1991-2007 è notevolmente cambiata in uscita dal comparto americano, sia in direzione di uscita che in intensità. Il core del getto non si è spostato di latitudine (sempre posizionato sul Labrador canadese) ma si è rinforzato e soprattutto nella zona 45/50° N 50-20°W zona medio atlantica. La direzione è molto più meridionale come potete osservare dalla mappa delle anomalie.

Ne risulta una componente maggiormente zonale e una ripercussione sul getto subtropicale che risulta spostato tutto verso ovest rispetto alla climatologia di riferimento.

La "tasca" che si trova tra i due getti è indebolita (correnti ovest est meno forti) ma si viene a trovare ora proprio a ridosso delle coste marocchine portoghesi. Questa zona è sede di correnti ascensionali e di tanto in tanto appena il getto atlantico si inclina verso nord appena uscito sull'atlantico aggancia refoli di aria fresca atlantica in discesa da nord dando inizio alla ciclogenesi marocchina. L'Italia e in generale l'Europa ovest si vengono a trovare molto più interessate dal getto subtropicale e molto meno a tiro di quello atlantico che scorre più intenso e che quindi fatica a rallentare curvando verso sud in prossimità delle Alpi. In questa maniera ritarda la sua discesa verso sud centinaia di km più ad est.

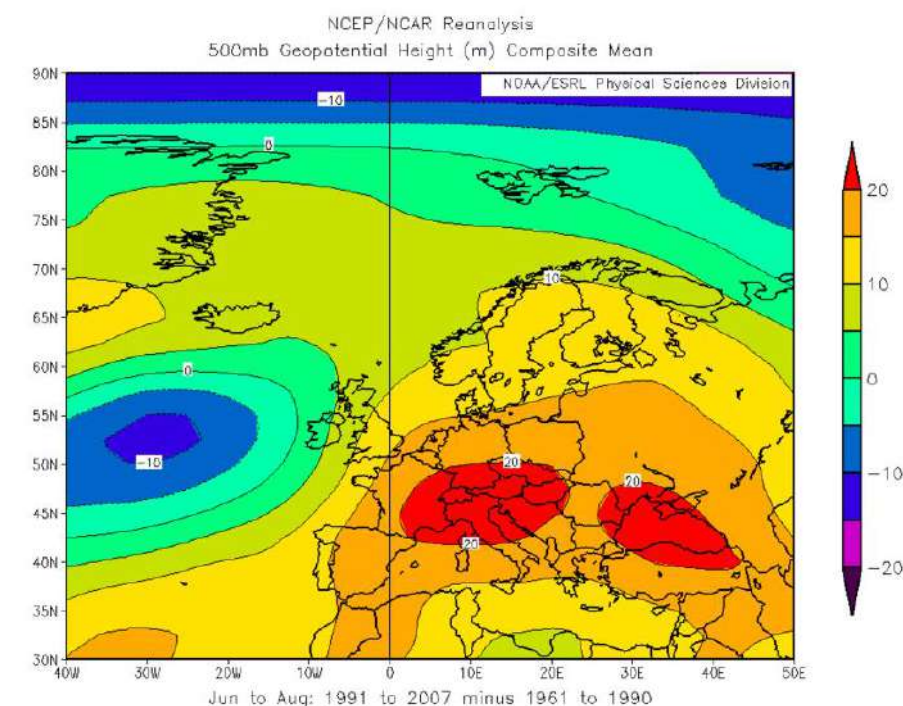


Fig. 91. Variazioni delle altezze di geopotenziale (e quindi della pressione atmosferica) tra il periodo 1961-90 e 1991-2007. In meteorologia, è fondamentale conoscere l'altezza geopotenziale che si rileva a pressione atmosferica costante e si rappresenta a larga scala da isolinee o isopse; sono fondamentali le analisi a pressioni costanti di 850 hPa e di 500 hPa per comprendere la circolazione delle masse d'aria che avviene alle diverse quote superiori dell'atmosfera. Il valore dell'altezza geopotenziale ad un determinato valore di pressione corrisponde all'altitudine sul livello del mare in cui si registra tale valore barico.

Osservando l'anomalia del getto in pieno mediterraneo si nota un generale rallentamento delle correnti da ovest ad indicare una zona di subsidenza dove le correnti fresche oceaniche vengono a mancare.

Riassumendo, i punti cruciali di questa analisi sono l'incremento della forza del getto in uscita dal comparto nordamericano con particolare riferimento alla zona medioatlantica che produce uno spostamento verso est di tutta la struttura circolatoria con particolare riferimento alla "falla barica" traslata dal medio basso atlantico fino alle coste marocchino-portoghesi, la quale aumenta l'intensità e la frequenza delle ondate di calore.

Uno zoom sull'Europa permette di notare ancora nel dettaglio: getto atlantico rafforzato zonalmente ed entrata dello stesso sull'Europa più ad est. Indebolimento del getto subtropicale sull'atlantico medio con onde calde subtropicali che faticano ad evolvere verso est e rimanenti più stazionarie a ridosso del mediterraneo occidentale. Formazione di cutoff più a ridosso della penisola iberica di quanto avveniva in precedenza. Notare come laddove in Atlantico si sia rafforzato il getto, si trovi una anomalia di geopotenziale negativa (maggiore incidenza dei processi ciclogenetici) mentre laddove il getto subtropicale si è indebolito, specie in oceano vi sia un rafforzamento del campo anticiclonico. Analizzando la mappa a 850 hpa notiamo infatti una "anomalia ciclonica" del vento in pieno atlantico ed una anomalia molto significativa di venti dal cuore dell'africa verso nord ed il mediterraneo.

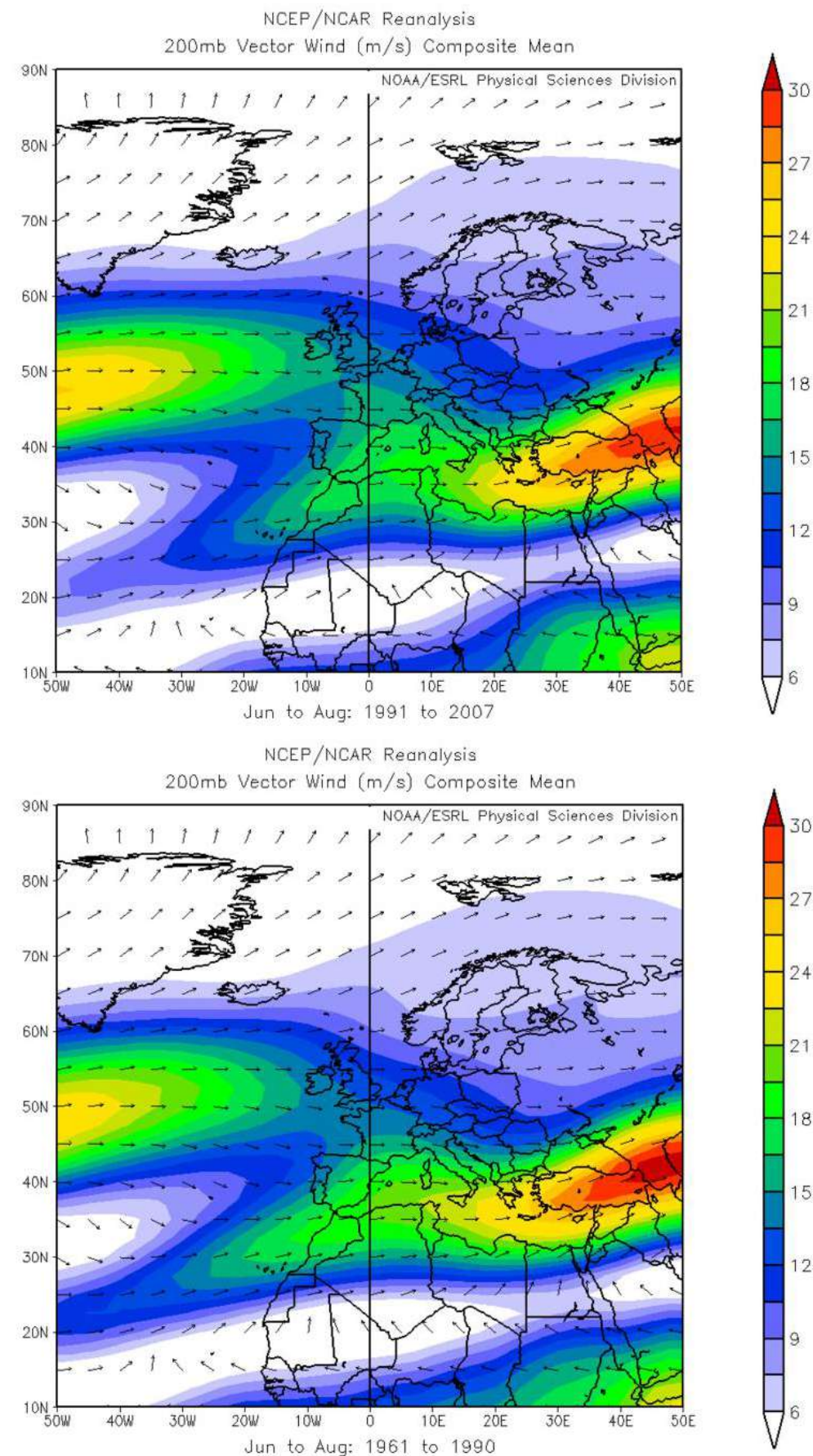


Fig. 92. Corrente a getto polare: confronto delle velocità medie nel periodo 1961-90 con il 1991-2007.

Per reagire alla crescente consapevolezza del ruolo antropico sulle normali variazioni climatiche la comunità internazionale, dopo un decennio di trattative ha raggiunto un accordo, formalizzato nel cosiddetto protocollo di Kyōto.

Il **protocollo di Kyōto** è un trattato internazionale in materia ambientale riguardante il riscaldamento globale sottoscritto nella città giapponese di Kyōto l'11 dicembre 1997 da più di 160 paesi in occasione della Conferenza COP3 della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC). Il trattato è entrato in vigore il 16 febbraio 2005, dopo la ratifica anche da parte della Russia.

Il 16 febbraio 2007 si è celebrato l'anniversario del secondo anno di adesione al protocollo di Kyōto, e lo stesso anno ricorre il decennale dalla sua stesura.

Il trattato prevede l'obbligo in capo ai paesi industrializzati di operare una riduzione delle emissioni di elementi inquinanti (biossido di carbonio ed altri cinque gas serra, ovvero metano, ossido di diazoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo) in una misura non inferiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990 – considerato come anno base – nel periodo 2008-2012.

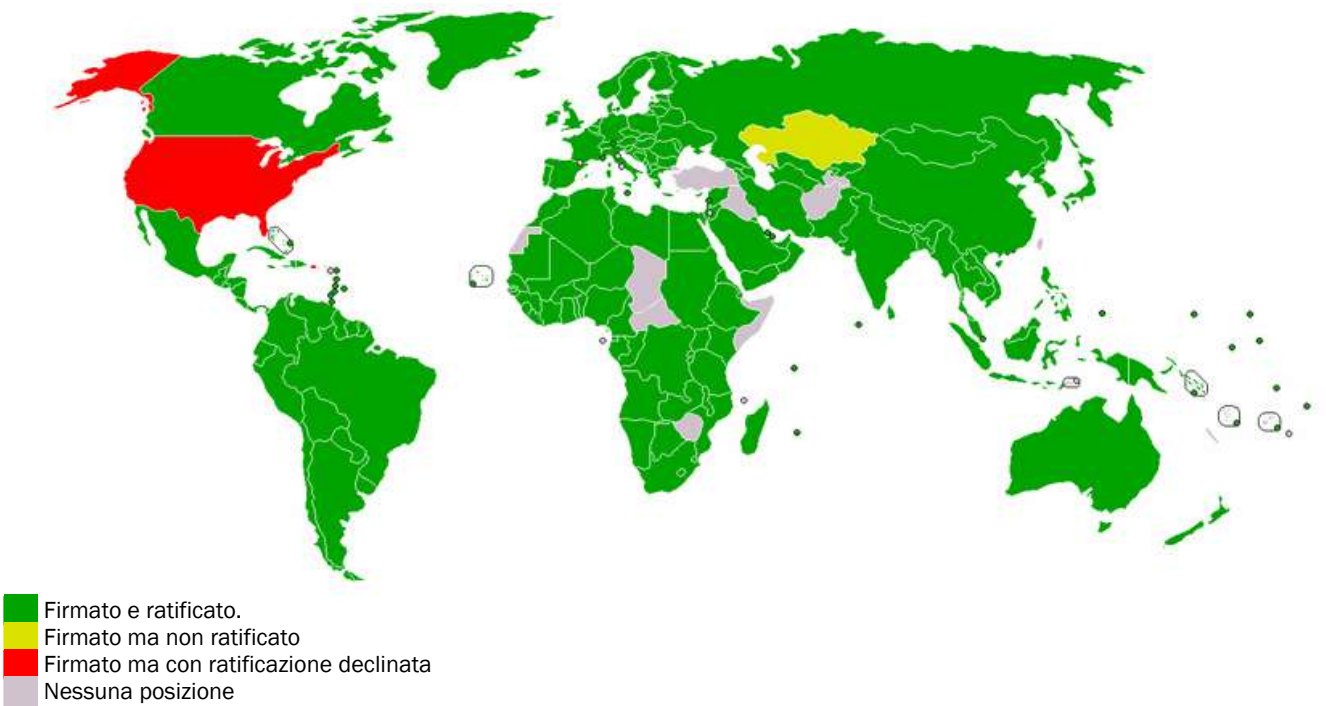


Fig. 93. Paesi aderenti al Protocollo di Kyōto.

Il protocollo di Kyōto prevede il ricorso a meccanismi di mercato, i cosiddetti Meccanismi Flessibili; il principale meccanismo è il Meccanismo di Sviluppo Pulito. L'obiettivo dei Meccanismi Flessibili è di ridurre le emissioni al costo minimo possibile; in altre parole, a massimizzare le riduzioni ottenibili a parità di investimento.

Perché il trattato potesse entrare in vigore, si richiedeva che fosse ratificato da non meno di 55 nazioni firmatarie e che le nazioni che lo avessero ratificato producessero almeno il 55% delle emissioni inquinanti; quest'ultima condizione è stata raggiunta solo nel novembre del 2004, quando anche la Russia ha perfezionato la sua adesione.

Premesso che l'atmosfera terrestre contiene 3 milioni di megatonnellate (Mt) di CO₂, il Protocollo prevede che i paesi industrializzati riducano del 5% le proprie emissioni di questo gas. Il mondo immette 6.000 Mt di CO₂, di cui 3.000 dai paesi industrializzati e 3.000 da quelli in via di sviluppo; per cui, con il protocollo di Kyōto, se ne dovrebbero immettere 5.850 anziché 6.000, su un totale di 3 milioni. Ad oggi, 174 Paesi e un'organizzazione di integrazione economica regionale (EEC) hanno ratificato il Protocollo o hanno avviato le procedure per la ratifica. Questi paesi contribuiscono per il 61,6% alle emissioni globali di gas serra.

Il protocollo di Kyōto prevede inoltre, per i Paesi aderenti, la possibilità di servirsi di un sistema di meccanismi flessibili per l'acquisizione di crediti di emissioni:



- **Clean Development Mechanism (CDM):** consente ai paesi industrializzati e ad economia in transizione di realizzare progetti nei paesi in via di sviluppo, che producano benefici ambientali in termini di riduzione delle emissioni di gas-serra e di sviluppo economico e sociale dei Paesi ospiti e nello stesso tempo generino crediti di emissione per i Paesi che promuovono gli interventi.
- **Joint Implementation (JI):** consente ai paesi industrializzati e ad economia in transizione di realizzare progetti per la riduzione delle emissioni di gas-serra in un altro paese dello stesso gruppo e di utilizzare i crediti derivanti, congiuntamente con il paese ospite.
- **Emissions Trading (ET):** consente lo scambio di crediti di emissione tra paesi industrializzati e ad economia in transizione; un paese che abbia conseguito una diminuzione delle proprie emissioni di gas serra superiore al proprio obiettivo può così cedere (ricorrendo all'ET) tali "crediti" a un paese che, al contrario, non sia stato in grado di rispettare i propri impegni di riduzione delle emissioni di gas-serra.

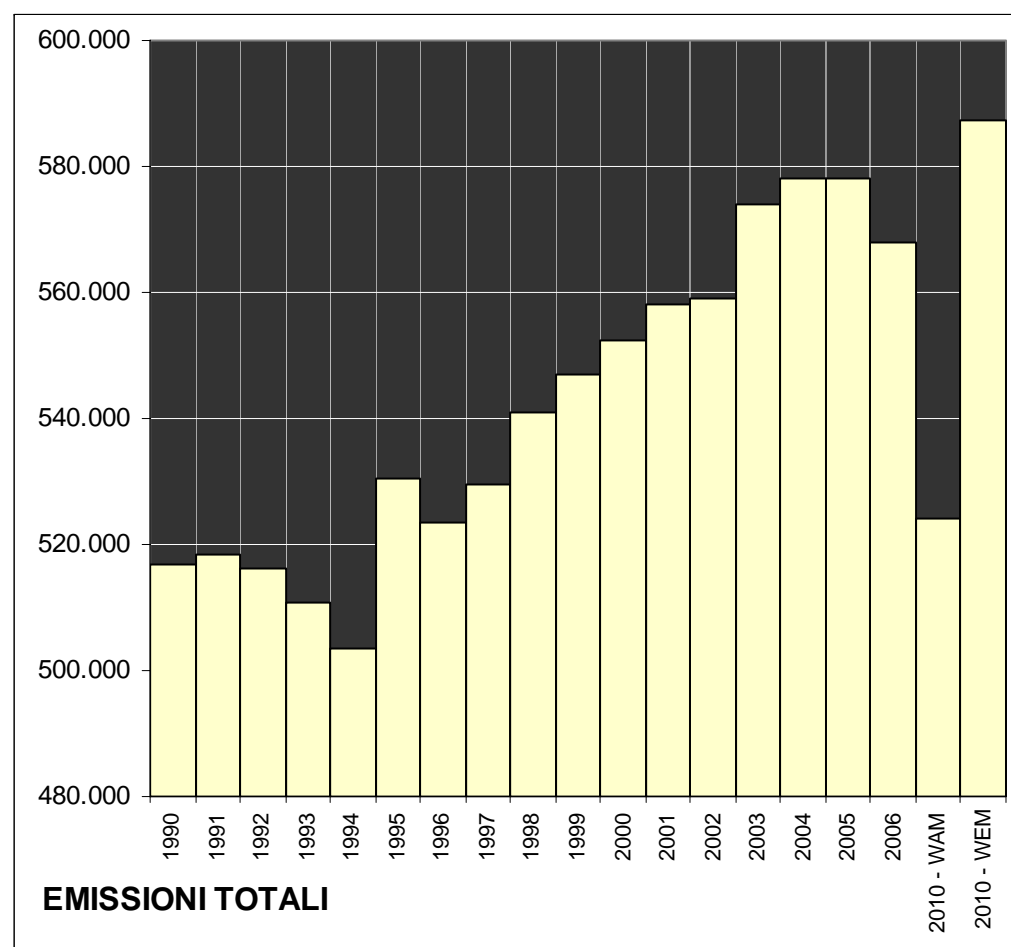


Fig. 94. Italia: volume annuo di emissioni di gas ad effetto serra dal 1990 al 2006, con proiezioni al 2010 (attualmente la più accreditata è, purtroppo, quella più alta). Dati in migliaia di t.

L'Italia sta accumulando un debito di 4,1 M€ al giorno per lo sfioramento delle emissioni di CO₂ rispetto all'obiettivo previsto dal Protocollo di Kyoto. Per la precisione, dal 1° gennaio 2008 il debito è di 47,6 € ogni secondo e al 20 marzo il Paese ha già superato i 320 M€ che diventeranno quasi 1,5 miliardi di euro a fine 2008.

La crescita del debito (per ogni tonnellata di CO₂ si stima un prezzo di 20 €) si può visualizzare in tempo reale dal contatore presente nel sito del Kyoto Club. Questo costo deriva dal divario di oltre 75 milioni di tonnellate di CO₂ (aggiornamento al marzo 2008) che separa l'Italia dagli obiettivi di Kyoto, con un livello di emissioni del 9,9% superiore rispetto al 1990. Va ricordato che nel periodo di adempimento 2008-2012, la quantità di emissioni assegnate all'Italia è pari a 483 Mt CO₂ eq (-6,5% rispetto al 1990).

Questa è un'emergenza pesante in termini economici, di immagine e di mancate opportunità. Paghiamo dieci anni di sottovalutazione del problema climatico e di una notevole superficialità rispetto all'entrata in vigore del Protocollo.

Poiché ogni ulteriore ritardo comporterà costi crescenti sarà fondamentale che le istituzioni mettano al centro delle politiche del paese la questione climatica, con conseguenti scelte oculate su efficienza energetica, utilizzo delle fonti rinnovabili e trasporti.

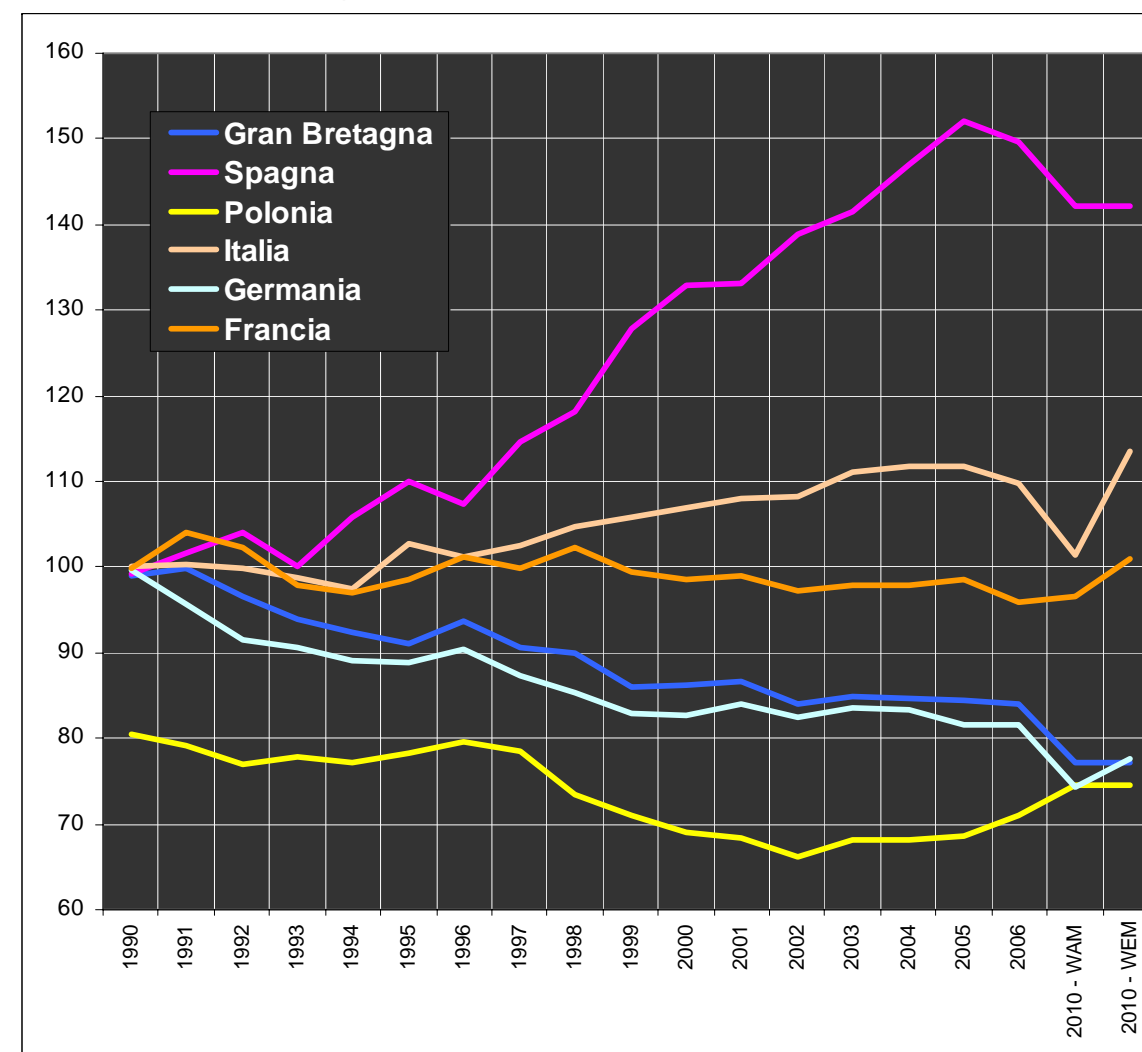


Fig. 95. emissioni totali di gas serra (incluse le variazioni di uso del suolo³⁹) per i paesi europei più popolosi. Il valore 100 è per l'obiettivo di Kyoto. Si noti la crescita pesante della Spagna, che partiva da un livello produttivo molto inferiore a quello italiano, e la crescita, meno pronunciata ma costante, dell'Italia.

³⁹ Land Use, Land-Use Change and Forestry, abbreviato con LULUCF. Si veda il link http://unfccc.int/methods_and_science/lulucf/items/1084.php. attualmente le attività LULUCF ([11]) che si trovano all'interno del Protocollo di Kyoto possono essere suddivise in due grandi categorie:

- la riforestazione/afforestazione e la deforestazione, ossia le attività di cambiamento di uso delle terre (ARD);
- la gestione forestale, la gestione delle terre agricole, la gestione delle terre di pascolo e la rivegetazione, ossia le attività di uso delle terre.

La prima categoria è formata dalle attività obbligatorie per ognuna delle quali ogni Paese deve provvedere stime delle superfici (activity data) e delle variazioni degli stocks di carbonio organico nei cinque carbon pools (biomassa epigea CAB, biomassa ipogea CBB, necromassa CDM, lettiera CL, sostanza organica nel suolo CSOM) nonché delle emissioni di metano e di ossido di diazoto. La spiegazione logica della loro obbligatorietà risiede nel fatto che ad ogni variazione d'uso delle terre 'da o verso' foresta corrisponde, di regola, una variazione permanente negli stocks di carbonio. Al contrario, le attività appartenenti alla seconda categoria non risultano necessariamente in una variazione permanente degli stocks di carbonio e, per tale ragione, possono essere incluse su base volontaria.



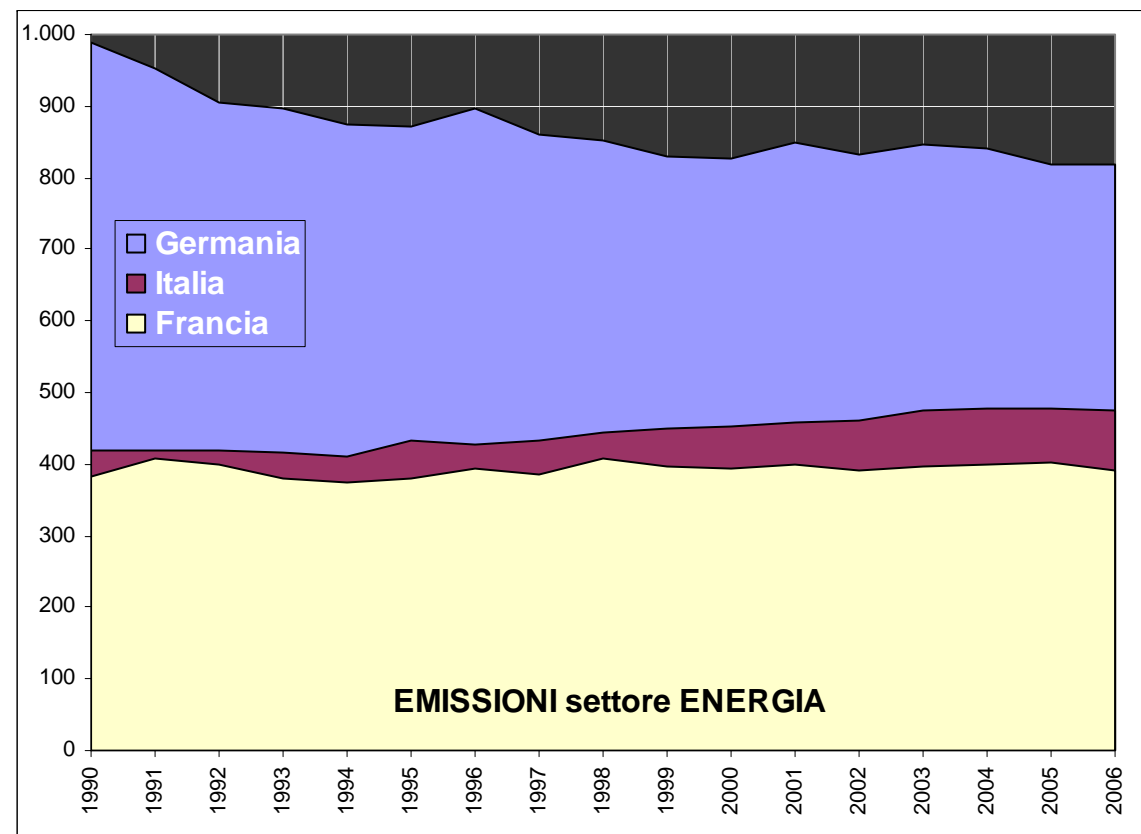


Fig. 96. Emissioni del settore energetico per Germania, Francia e Italia. La diminuzione consistente per la Germania è data dalla dismissione delle vecchie centrali a carbone dell'est con centrali a ciclo ottimizzato. Parte del decremento è anche dovuto all'introduzione diffusa di parchi eolici. La Francia ha mantenuto costante il suo mix produttivo, con un 78% da nucleare di seconda generazione mentre l'Italia vede un trend emissivo in aumento per l'entrata in servizio di due nuove centrali a carbone (dati in milioni di t).

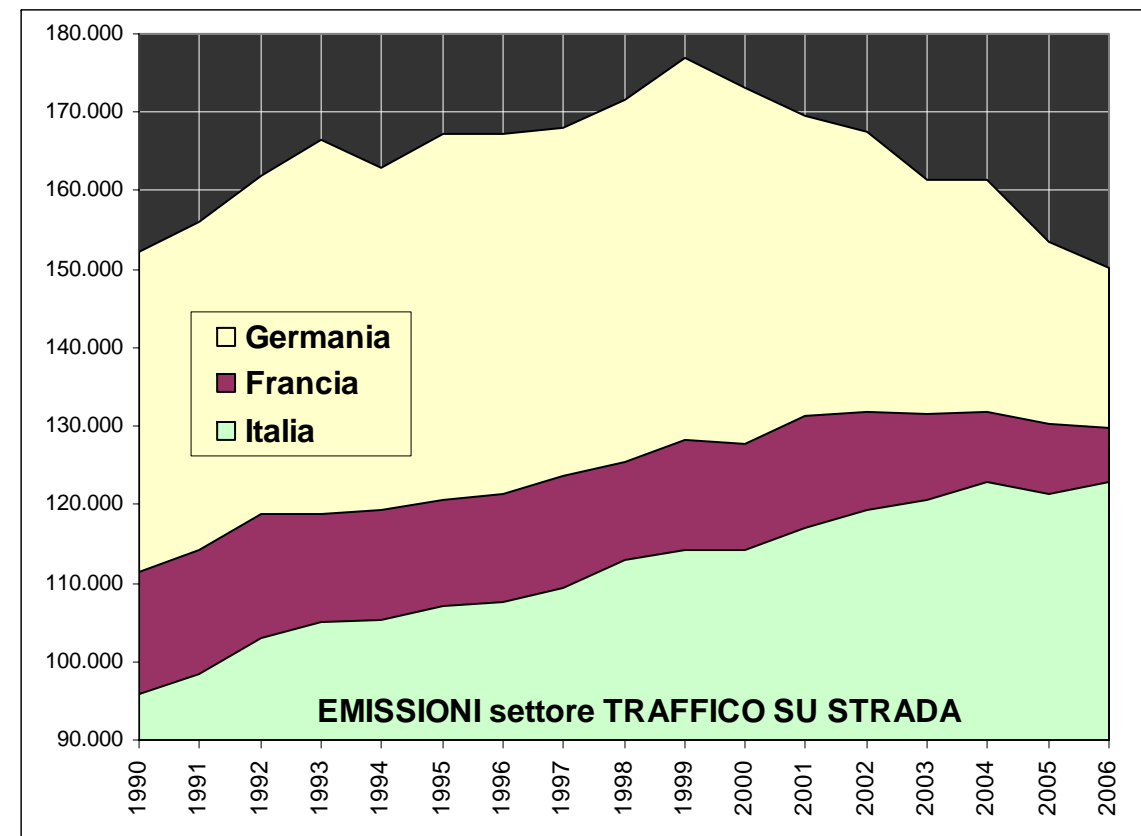


Fig. 97. Emissioni dal traffico stradale per Germania, Francia e Italia (dati in migliaia di t).

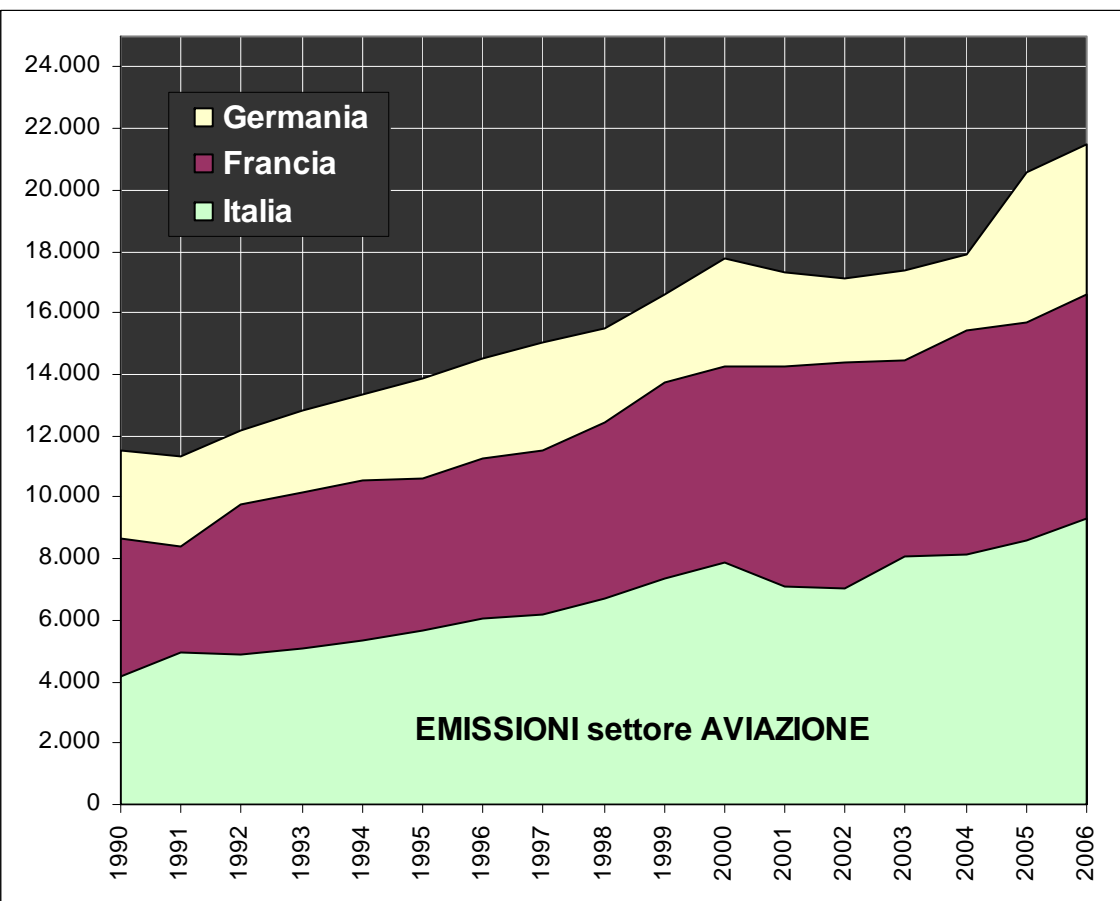


Fig. 98. Emissioni dal traffico aereo per Germania, Francia e Italia (dati in migliaia di t).

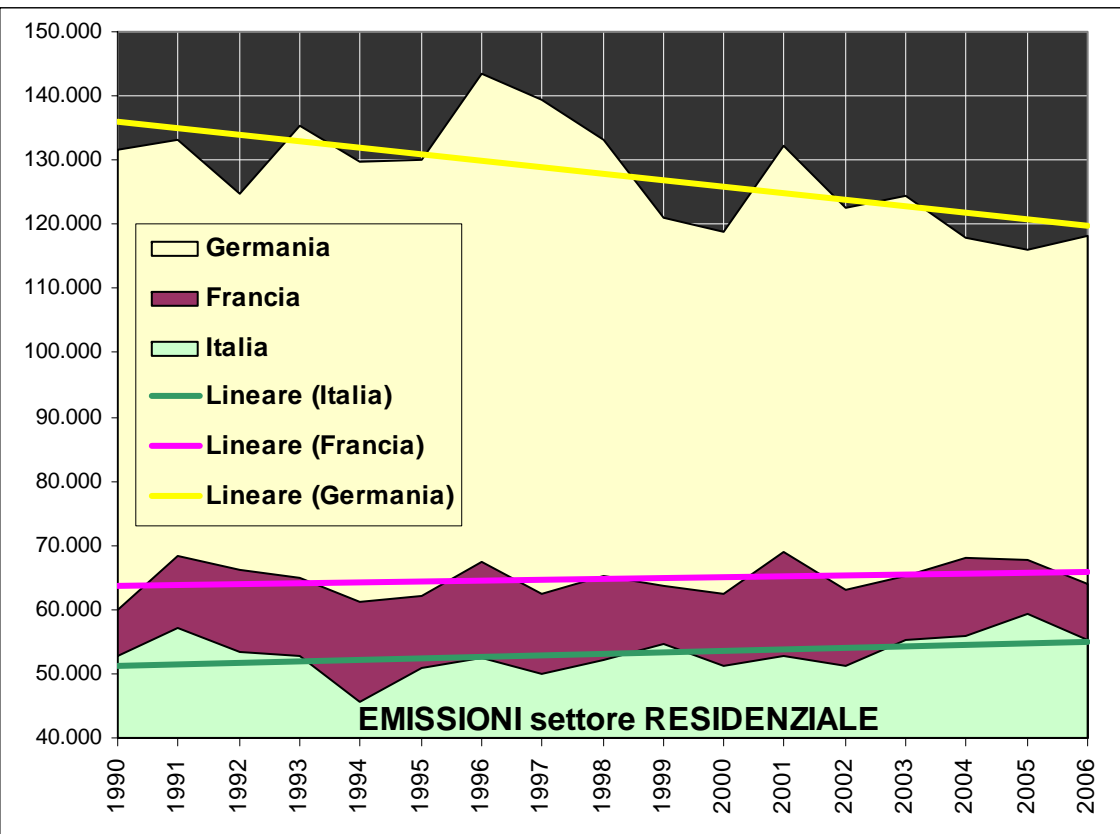


Fig. 99. Emissioni dal settore residenziale per Germania, Francia e Italia (dati in migliaia di t).



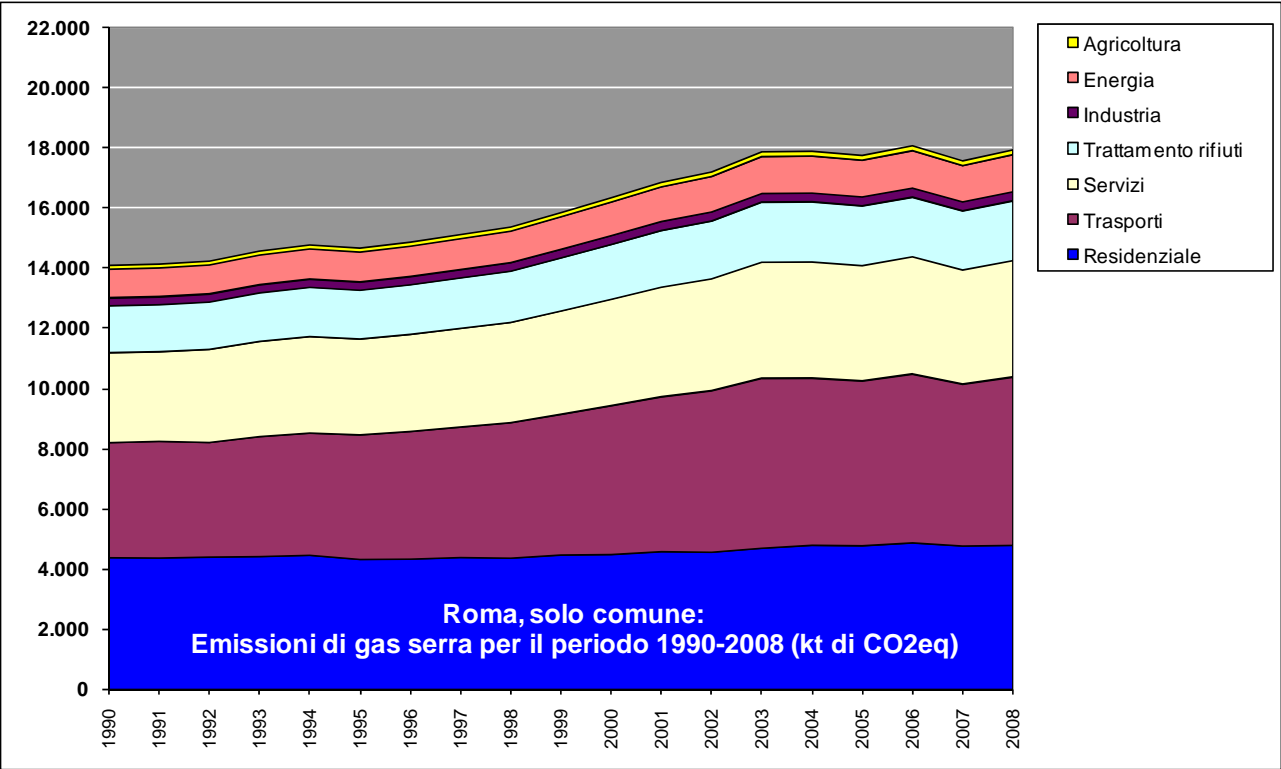
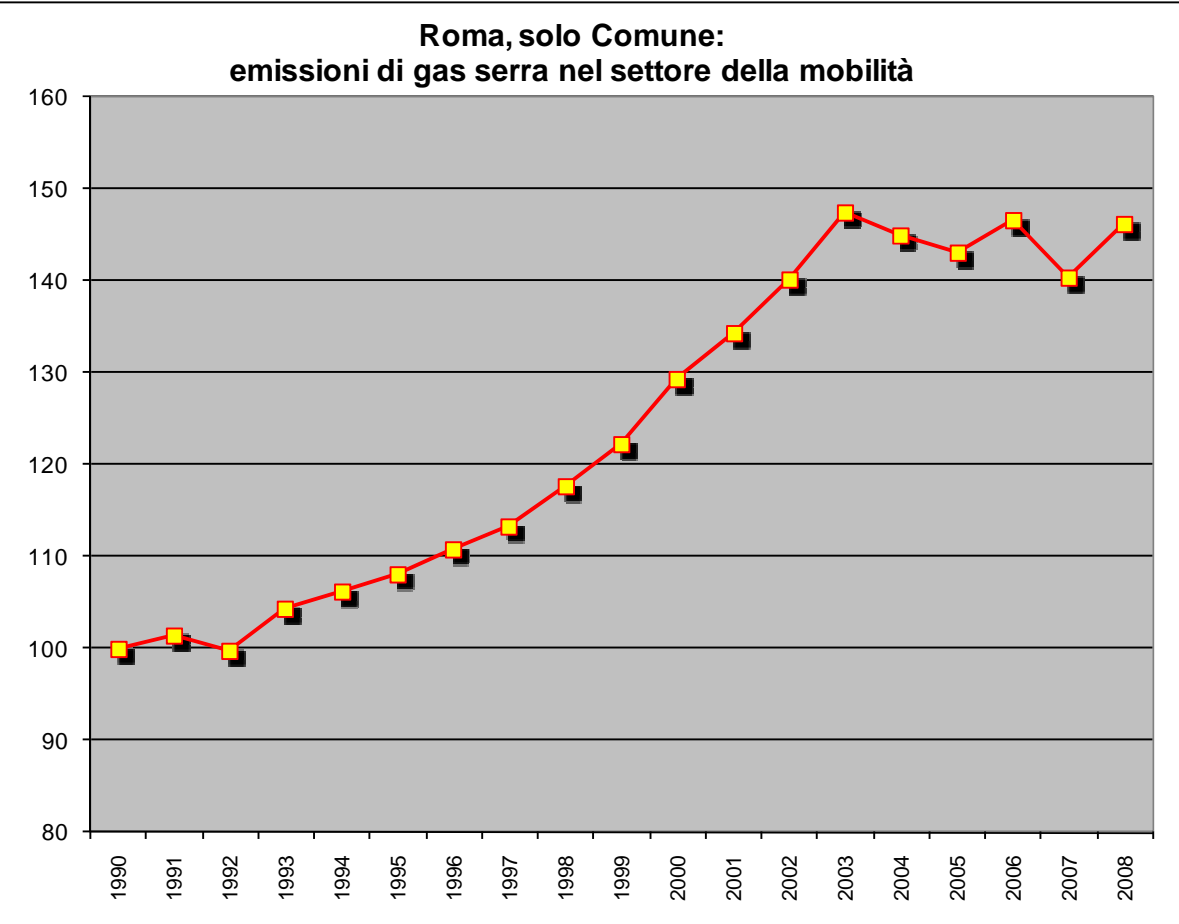
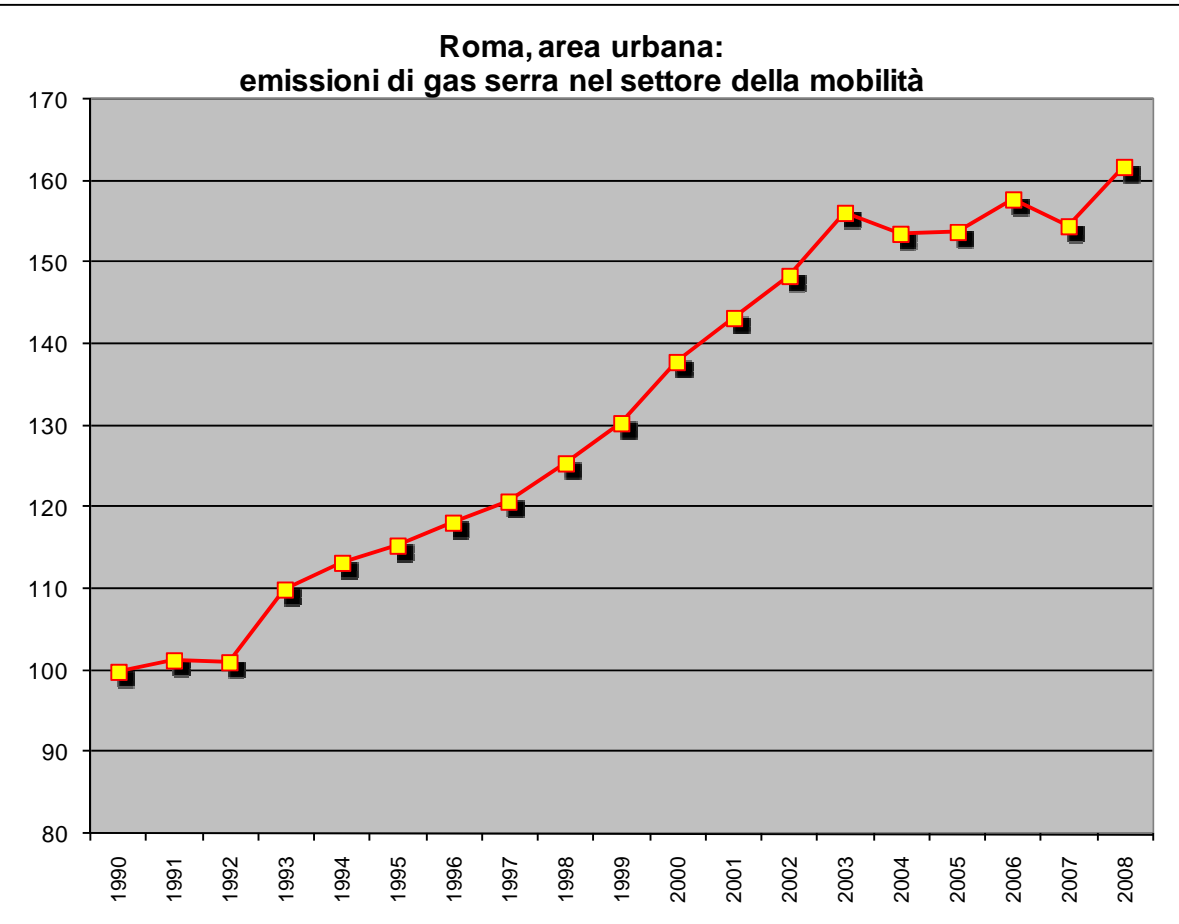


Fig. 100. Roma, sola area comunale: emissioni di gas serra per il periodo 1990-2008 in migliaia di tonnellate di CO₂ equivalente, suddivise per i diversi comparti di produzione. Elaborazione su dati Enea, ATAC, Provincia di Roma. Si noti la preponderanza della mobilità, seguita da residenziale e servizi. Per Roma le emissioni da industrie e agricoltura non è un dato preponderante.



COMUNE DI ROMA - emissioni annue di gas serra in milioni di t di CO ₂ equivalente								
Anno	Comparto							Totale
	Residenziale	Trasporti	Servizi	Trattamento rifiuti	Industria	Energia	Agricoltura	
1990	4.406	3.835	2.970	1.585	255	977	127	14.155
1991	4.396	3.890	2.958	1.590	256	980	128	14.196
1992	4.425	3.824	3.073	1.601	257	986	129	14.295
1993	4.443	3.999	3.145	1.639	263	1.009	132	14.630
1994	4.487	4.071	3.189	1.661	267	1.023	133	14.832
1995	4.349	4.150	3.167	1.650	265	1.016	133	14.728
1996	4.359	4.253	3.209	1.672	269	1.030	134	14.925
1997	4.412	4.345	3.263	1.700	273	1.047	137	15.177
1998	4.391	4.511	3.317	1.728	278	1.065	139	15.428
1999	4.494	4.687	3.421	1.782	286	1.098	142	15.910
2000	4.510	4.957	3.526	1.837	295	1.132	144	16.402
2001	4.607	5.157	3.636	1.894	304	1.167	148	16.914
2002	4.587	5.378	3.711	1.933	308	1.191	152	17.261
2003	4.721	5.656	3.855	2.008	296	1.237	156	17.930
2004	4.819	5.563	3.859	2.010	300	1.239	159	17.950
2005	4.803	5.486	3.829	1.995	310	1.229	158	17.811
2006	4.899	5.621	3.898	1.985	316	1.251	161	18.131
2007	4.796	5.388	3.790	1.974	307	1.216	158	17.629
2008	4.816	5.604	3.869	1.992	313	1.242	159	17.996



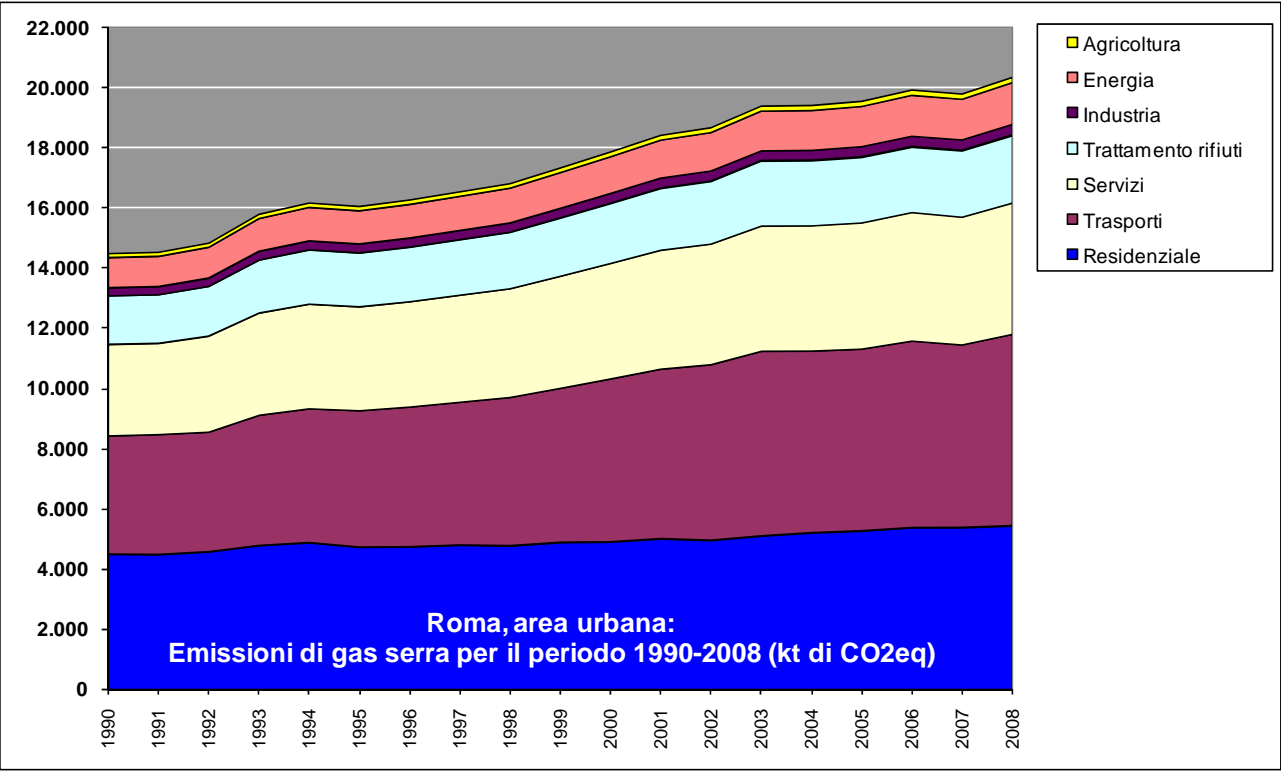


Fig. 101. Roma, area urbana: emissioni di gas serra per il periodo 1990-2008 in migliaia di tonnellate di CO2 equivalente, suddivise per i diversi comparti di produzione. Elaborazione su dati Enea, ATAC, Provincia di Roma. Si noti la preponderanza della mobilità, ancora più pronunciata se possibile che nel quadro della fig. 140 riferita al solo dato comunale. L'area urbana di Roma rappresenta il 5,7% della popolazione totale italiana e contribuisce al 4,5% del totale delle emissioni nazionali.

AREA URBANA DI ROMA - emissioni annue di gas serra in milioni di t di CO2 equivalente								
Anno	Comparto							Totale
	Residenziale	Trasporti	Servizi	Trattamento rifiuti	Industria	Energia	Agricoltura	
1990	4.511	3.926	3.041	1.623	261	1.000	130	14.492
1991	4.500	3.983	3.028	1.628	262	1.003	131	14.534
1992	4.594	3.970	3.191	1.662	267	1.024	134	14.841
1993	4.801	4.322	3.399	1.771	285	1.091	142	15.811
1994	4.897	4.444	3.481	1.813	291	1.117	146	16.188
1995	4.746	4.529	3.456	1.800	289	1.109	145	16.075
1996	4.758	4.642	3.502	1.824	293	1.124	147	16.290
1997	4.815	4.743	3.561	1.855	298	1.143	149	16.565
1998	4.792	4.923	3.620	1.886	303	1.162	152	16.839
1999	4.905	5.116	3.733	1.945	313	1.198	155	17.365
2000	4.923	5.410	3.849	2.005	322	1.235	157	17.902
2001	5.028	5.628	3.969	2.068	332	1.274	162	18.460
2002	4.974	5.832	4.024	2.096	334	1.291	165	18.716
2003	5.120	6.134	4.180	2.178	321	1.342	169	19.442
2004	5.225	6.032	4.185	2.180	326	1.343	172	19.463
2005	5.286	6.038	4.214	2.195	341	1.353	174	19.602
2006	5.398	6.194	4.296	2.188	349	1.379	177	19.980
2007	5.399	6.066	4.267	2.223	345	1.369	178	19.847
2008	5.462	6.355	4.387	2.259	355	1.408	180	20.406

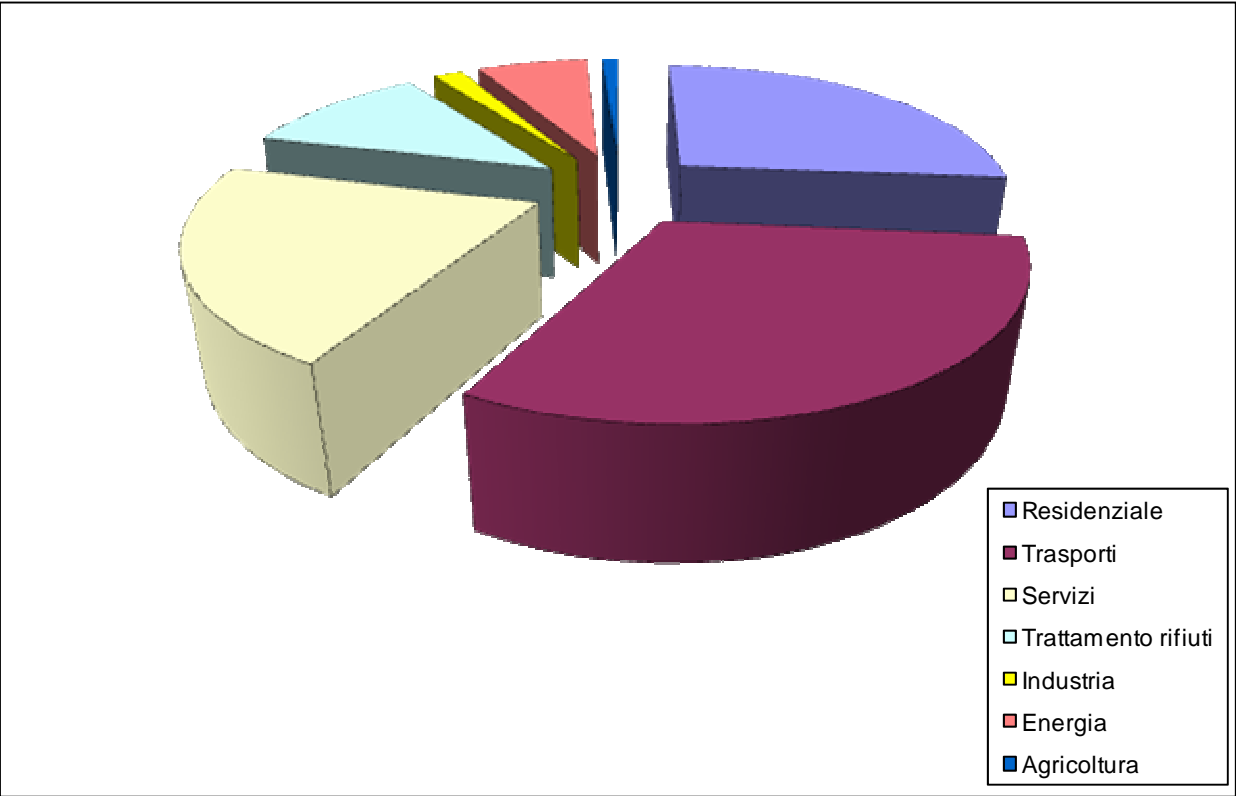


Fig. 102. Roma, quadro emissivo per comparti.

Nell’ambito dell’accordo UE di “condivisione degli oneri” nell’attuazione del Protocollo di Kyoto, per il periodo 2008-2012 l’Italia si è impegnata a ridurre in media le proprie emissioni di gas-serra al 93,5% dei valori del 1990. Il taglio complessivo è dunque del 6,5%. Anche altri paesi industrializzati si sono impegnati a limitare nel corso di questo periodo le proprie emissioni a varie percentuali dei livelli del 1990. È consentito l’accumulo e lo scambio di crediti di emissione, per rientrare nelle soglie stabilite dal trattato da negoziare con i paesi meno inquinanti, a partire dalla data di entrata in vigore del Protocollo di Kyoto, che per l’Italia è il 6 febbraio 2005.

Il 18 maggio 2006 tuttavia la Corte di Giustizia della Comunità europea condannato l’Italia per il mancato recepimento della direttiva 67 del 2003 sullo scambio delle quote di emissioni dei gas serra. La direttiva attende per l’attuazione esecutiva un decreto legislativo che ancora non è stato pubblicato. Allo stato attuale l’Italia ottempera alle normative sull’immissione dei gas serra con delle norme ad hoc che si limitano a fissare i limiti di emissione triennali. Quelli per il 2005-2007 sono stati varati nel febbraio 2006 e hanno fissato un tetto pari a 215 milioni di tonnellate di co2. Limiti già superati di 8 milioni di tonnellate nel 2005.

Attualmente le emissioni climalteranti italiane sono del 10% più alte rispetto al 1990. Si tratta di un eccesso di 51 Mt/a, cui si devono aggiungere 33 Mt/a necessari per raggiungere l’obiettivo (-6,5%) assegnato all’Italia. Circa 85 milioni di tonnellate CO2 equivalenti separano il Paese dal target fissato. Se poi le emissioni nei prossimi anni continuassero a salire, il pacchetto di riduzione potrebbe aumentare a 100 Mt/a. In totale nei 5 anni previsti dal Protocollo di Kyoto (2008-12) l’Italia dovrà gestire un eccesso di 500 Mt. Quanto potrebbe costare questo ritardo? Secondo le analisi del *Kyoto Club*, considerando ottimisticamente un valore di mercato pari a 20 €/tCO2, sarebbero necessari 10 miliardi di euro per soddisfare gli obblighi. Questa è la cifra che l’Italia dovrebbe spendere se fosse obbligata ad approvvigionarsi all’estero per coprire tutto il debito, considerando una quotazione intermedia tra il valore della borsa europea delle emissioni (attualmente pari a 26 €/tCO2) e il costo dei crediti dei progetti CDM realizzati nei Paesi in via di sviluppo (5-10 €/tCO2). Naturalmente non sarà così, perché una parte di questo gap sarà colmato con interventi effettuati in Italia. Realisticamente, considerando i programmi già avviati, si può pensare che il contributo nazionale possa arrivare a coprire da uno a due terzi del deficit. Una prima quota (cioè 200 dei 600 Mt di gas climalteranti da tagliare tra il 2008 e il 2012) si potrebbe ottenere con gli interventi già avviati, riforestazione inclusa. Un’ulteriore quota di 200 Mt, potrebbe invece derivare da nuovi ambiziosi programmi di intervento. Quindi, a





seconda dell'incisività delle politiche che verranno attivate, si dovrebbe ricorrere ai crediti internazionali di carbonio per una cifra compresa tra i 3 e 6 miliardi di euro.

Le proposta delle associazioni non governative ipotizzano oggi ulteriori riduzioni di anidride carbonica nei prossimi cinque anni a partire da 50 Mt, grazie a meccanismi di risparmio energetico, 50 Mt sarebbero quindi i tagli previsti nell'uso di energia elettrica, 30 Mt dovrebbero venire dalla riduzione nel settore dei trasporti e 20 Mt dai tagli nella forestazione e negli altri gas climalteranti. Un'altra riduzione di 50Mt si potrebbe ottenere ricorrendo all'uso delle energie rinnovabili.

Dando, inoltre, la priorità proprio all'efficienza energetica nell'uso finale, si dovrebbero innanzitutto estendere al 2012 gli obblighi di risparmio per i distributori di energia elettrica e gas attualmente in vigore fino al 2009, garantendo in tal modo un vantaggio economico per il Paese e la contemporanea riduzione aggiuntiva di 30 Mt delle emissioni climalteranti. Si calcola anche che un profondo processo di riqualificazione energetica del nostro parco edilizio possa garantire riduzioni aggiuntive cumulative dell'ordine dei 20 Mt.

Un notevole balzo in avanti si potrebbe ottenere realizzare negli usi termici delle tecnologie solari, che vedono l'Italia ingloriosamente agli ultimi posti, ed espandendo anche il settore dei biocombustibili, su cui converge un forte interesse del comparto agricolo alla ricerca di nuovi sbocchi dopo la riduzione dei sussidi alle coltivazioni alimentari.

Nel settore termoelettrico molto dipenderà dalla rapidità della rottamazione delle vecchie centrali e dal ruolo che avranno il carbone e la cogenerazione. Il carbone, che alcuni operatori vorrebbero rilanciare su larga scala, implica 400 g CO2/kWh in più rispetto a un ciclo combinato. Per una centrale da 1.000 MW, ciò comporta un aumento di 2,8 Mt di anidride carbonica all'anno.

Dalla minicogenerazione e da un minor ricorso al carbone a favore dei cicli combinati potrebbe derivare una ulteriore diminuzione di almeno 50 Mt di anidride carbonica.

Il settore dei trasporti, quello in maggiore controtendenza rispetto agli impegni di Kyoto per un incremento delle emissioni del 25% rispetto al 1990, rappresenta un'altra area di intervento, da percorrere con strategie all'avanguardia: dalla mobilità sostenibile, con il rilancio del trasporto pubblico, all'introduzione di soluzioni innovative come il *road pricing* o l'aumento del costo della benzina recuperabile con detrazioni dalle tasse fino a nuovi accordi volontari con le case automobilistiche per veicoli più efficienti. Le riduzioni aggiuntive ottenibili nel settore dei trasporti possono superare i 30 Mt. Considerando la somma di tutte le azioni aggiuntive, si potrebbero ottenere 200 Mt di gas climalteranti in meno, in grado di limitare il ricorso all'acquisizione all'estero di crediti di carbonio solo per un terzo della riduzione necessaria. Tra l'altro un ridimensionamento dell'impiego dei meccanismi flessibili renderebbe anche più credibile il ricorso agli interventi in paesi in via di sviluppo o in via di transizione (CDM e JI), che finora hanno stentato a svilupparsi. Si riduce in tal modo il rischio che, con l'acqua alla gola, alla fine l'Italia sia costretta ad acquistare dalla Russia o dall'Ucraina "finti" crediti di carbonio provenienti non da riduzioni legate a precisi interventi, ma dal crollo delle emissioni registratosi in quei paesi dopo il 1990.

L'esame dell'andamento delle emissioni per macrosettori evidenzia come siano aumentate significativamente, sia pure con andamento altalenante, le emissioni dal settore della produzione e trasformazione; mette altresì in luce come abbiano fatto invece segnare un incremento costante privo di oscillazioni le emissioni provenienti dal settore dei trasporti.

Dal confronto dei dati di fine periodo con quelli dell'anno base, risulta che è proprio il settore dei trasporti ad aver avuto l'incremento più consistente (+23,7%), seguito dal settore della produzione e trasformazione energetica (+21%), mentre non trascurabile è stato anche l'aumento del settore residenziale e terziario (+10%). In pratica, a far registrare una contrazione del livello di emissioni è stato soltanto il settore delle industrie manifatturiere e delle costruzioni (-3,3%), ma questa riduzione è dovuta solo in parte al miglioramento delle tecnologie impiegate e alla migliore efficienza energetica raggiunta, avendo qui giocato un ruolo importante anche la crisi produttiva di alcuni comparti industriali.

Sulla base di questi dati risulta evidente come sia necessario invertire la tendenza nei settori delle industrie energetiche e dei trasporti se si vuole raggiungere l'obiettivo di riduzione assegnato all'Italia. Ma in questi settori - le aspettative non possono che essere diverse: nel settore della generazione di energia è ancora possibile ottenere risultati significativi dal completamento del processo di liberalizzazione e dall'entrata in funzione di nuove e più efficienti centrali di produzione (ad esempio, dal 1990 ad oggi Enel ha ridotto le emissioni di CO2 per kWh netto di circa il 16%, con riferimento alla produzione totale netta di energia elettrica); nel settore dei trasporti, invece, non si intravedono a breve termine evoluzioni positive.

Le nuove tecnologie ipotizzate nel settore dei trasporti sono, infatti, lontane dalla loro introduzione e diffusione, mentre l'ulteriore miglioramento di quelle già introdotte potrà portare benefici parziali che rischiano di essere rapidamente vanificati dall'aumento del parco circolante e delle percorrenze medie.

Le città sono un fascio enorme di flussi di materiali e di energia. Roma utilizza annualmente più di 250 milioni di metri cubi di acqua che poi devono essere smaltiti come acque di scarico. Ogni anno vengono prodotti 7 milioni di tonnellate di rifiuti. 9.500 gigawatt/ora di corrente e 961 milioni di metri cubi di gas naturale vengono utilizzati annualmente. Annualmente a Roma vengono utilizzati milioni di tonnellate di materiali edili e, allo stesso tempo, si producono milioni di tonnellate di calcinacci e terreno di scavo.

Zona Toponomastica	Area	FABBISOGNI					PRODOTTI	
		Popolazione residente	Popolazione non residente	Acqua (m³/giorno)	Elettricità (kW/giorno)	Gas (m³/giorno)	Rifiuti (t/giorno)	CO ₂ equivalente (t/giorno)
Comune di Roma		3.018.141	198.435	671.952,1	22.941.739,8	2.552.419,7	16.785,7	18.603,8
Area urbana estesa		404.321	40.589	17.183,6	3.112.827,0	345.700,2	2.255,8	2.524,1
TOTALE GIORNALIERO	0,000	3.422.462	239.024	689.136	26.054.567	2.552.420	19.041,5	21.128,0
TOTALE ANNUO	0,000	-	-	251.534.536	9.509.916.905	931.633.181	6.950.152	7.711.703

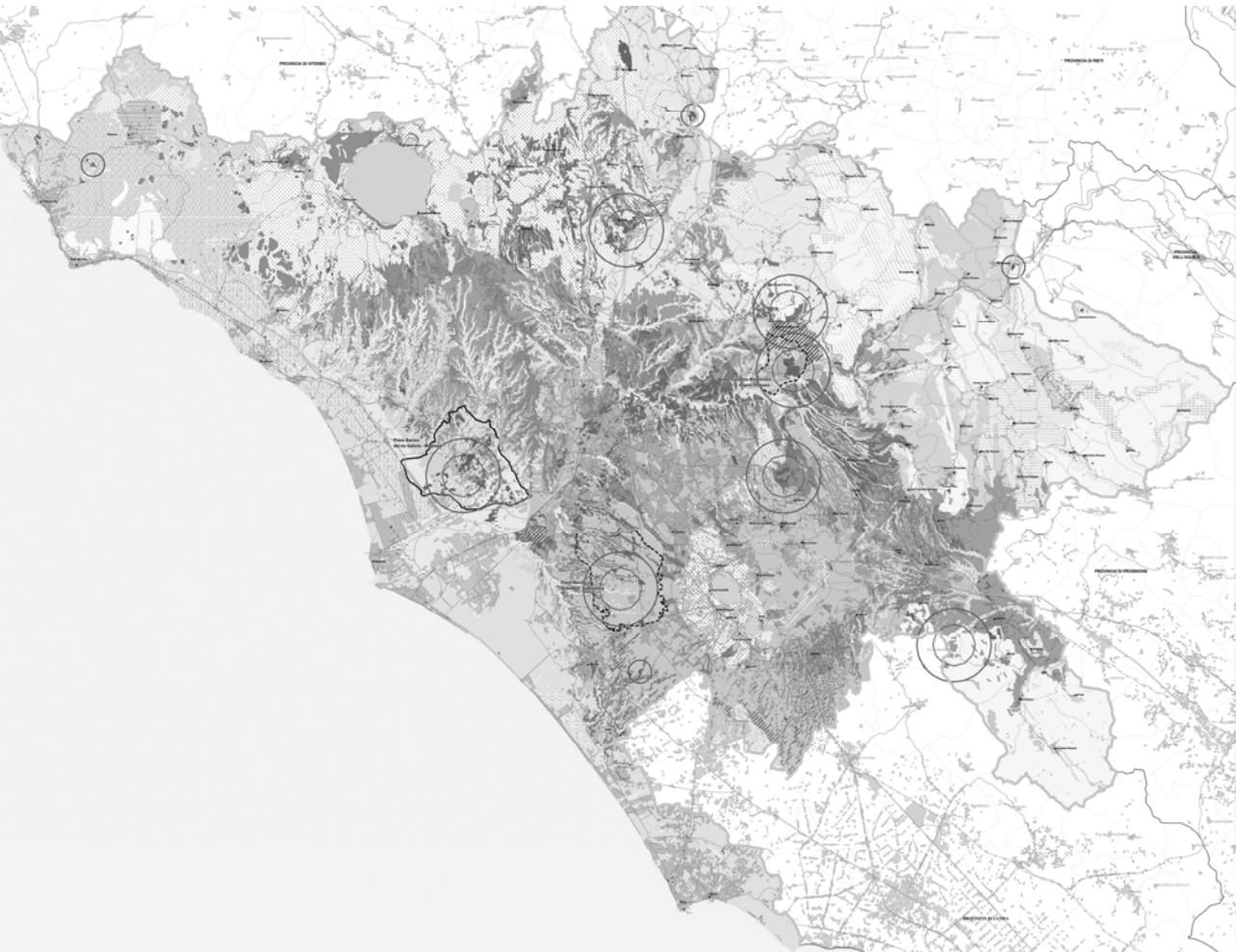


Fig. 103. Le cave di Roma: da secoli forniscono materiali di costruzione alla città e ricevono materiali di risulta, come terre e rocce di scavo o resti di demolizioni. Nel corso del Novecento sono diventate sede di vaste discariche per gli ingenti flussi di rifiuti prodotti dalla città.





Tale metabolismo lascia delle tracce evidenti nella topografia di Roma e del suo hinterland. Le deformazioni artificiali superano spesso quelle naturali in grandezza ed estensione. I flussi di materiale modificano lo spazio naturale. Il metabolismo della metropoli diviene visibile. Il paesaggio non è un terreno stabile, piuttosto un campo in continua mutazione. I confini di ciò che è naturale e ciò che è artificiale vengono cancellati. La natura è, da tempo, non più soltanto qualcosa di dato, ma qualcosa di costruito e a cui viene data forma. Contemporaneamente, i processi iniziati dagli uomini assumono un carattere quasi naturale. Essi seguono una propria logica, che genera forme che nessuno aveva voluto o progettato. I differimenti di massa ubbidiscono a fattori morfologici o infrastrutturali e senza alcuna volontà di forma generano delle nuove configurazioni: il paesaggio stesso racchiude il programma delle proprie metamorfosi. Proprio là dove la struttura della città si impregna degli effetti collaterali imprevisti della civilizzazione, dei suoi rifiuti e dei residui delle sue catastrofi che più si palesa il peccato originale delle città italiane e ancor più di Roma: l'assenza di quella funzionalità che generalmente è insita nel processo pianificatorio urbano di grande scala e che, secondo un vezzo tutto italiano, si può sostituire con le singole soluzioni pensate dai singoli.

BOX
 Direttiva 20-20-20⁽⁴⁰⁾

La politica ambientale europea e l'incoerenza italiana

Infuria la polemica sui costi delle politiche dell'energia e del clima, sullo scontro fra Governo Italiano e Commissione Europea. Giornali e telegiornali tornano a informarsi dell'argomento clima e politica come prima notizia come non avevano mai fatto prima, nemmeno in concomitanza con la presentazione dei rapporti IPCC.

Per ora la divisione sembra politica: per il centro-destra ha ragione il governo, per il centro-sinistra ha ragione la Commissione Europea, per il centro hanno ragione entrambi al 50 %.

Come osservato in maniera efficace da Stefano Camerini (<http://www.climalteranti.it/?cat=55>), i conti si possono fare più o meno bene, con metodologie più o meno raffinate, ma è inevitabile che essendo previsioni di costi futuri, si tratti di stime con margini di incertezza, con valori medi, minimi e massimi. D'altronde è sempre così: anche per i costi e i benefici del Ponte sullo Stretto di Messina o della TAV ci sono dati molto diversi, con campi di incertezza anche maggiori.

Caso emblematico di un modo soggettivo di fare informazione, l'errore più frequente è non chiarire di che costi si stia parlando, perchè ci sono diverse possibilità:

- i costi, per la partecipazione al sistema di Emission Trading Europeo, nel periodo 2008-2012;
- i costi per l'Italia, per rispettare gli obiettivi del protocollo di Kyoto nel periodo 2008-2012;
- i costi per le industrie più grandi, per la partecipazione al sistema di Emission Trading Europeo nel periodo 2012-2020 (obiettivo 2020 per l'EU: -21 % rispetto al 2005);
- i costi, per l'Italia, della riduzione dei gas serra prevista dal pacchetto 20-20-20, ossia il primo 20 del pacchetto 20-20-20 (obiettivo 2020 per l'Italia: - 13 % rispetto al 2005);
- i costi, per l'Italia, per la riduzione dei gas serra e l'aumento della produzione di energia rinnovabile, ossia i primi due 20 di tutto il pacchetto 20-20-20 (obiettivo 2020 sulle rinnovabili per l'Italia: +17% rispetto al 2005);
- i costi di tutto il pacchetto 20-20-20, ossia compreso anche il costo per gli investimenti in efficienza energetica.

Questi 6 tipi di costi possono essere calcolati all'anno o come valore cumulato nel rispettivo periodo (2008-2012 oppure 2005-2020, oppure anche 2012-2020): si hanno quindi 12 possibilità.

Ogni costo, per il sistema industriale o per l'Italia, ha ovviamente anche dei benefici, sia per il sistema industriale che per l'intera collettività. Sono benefici diretti (ad esempio: più energia da fonti rinnovabili = meno petrolio importato) e indiretti (= meno inquinamento dell'aria, più occupazione, minore spesa per la sanità, meno malattie favorite dall'inquinamento, ecc.). Si possono considerare nei benefici anche i "danni evitati" al sistema climatico del pianeta: si tratta di danni molto rilevanti, in parte difficili ancora da valutare per la complessità di alcuni fenomeni che portano ad impatti rilevanti (es. la fusione delle calotte glaciali che innalzano il livello del mare). Il punto più critico è che i danni al sistema climatico sono in gran parte spostati in avanti nel tempo: il sistema climatico ha una sua inerzia, la CO2 resterà per molto tempo in atmosfera, e non è semplice quantificare i danni nel futuro.

Oltre ai 12 costi lordi ci sono quindi anche 12 costi netti, ottenuti sottraendo ai costi lordi i benefici. Costi e benefici potranno essere distribuiti in modo diverso fra il le casse pubbliche, il sistema industriale e la collettività.

Quindi può benissimo succedere che, mentre il pacchetto 20-20-20 può dare dei costi lordi rilevanti per un certo settore industriale, lo stesso pacchetto possa essere un affare per la collettività, perchè porta a risparmi, nell'immediato o sul medio e lungo periodo.

Nel marzo 2007 il Consiglio europeo, presidente del Consiglio era Romano Prodi, approva la nuova strategia europea, denominata "Una politica integrata del clima e dell'energia", ritenuta in linea con l'obiettivo di fondo di contenimento dell'incremento della temperatura media globale entro i 2oC rispetto l'era preindustriale. La nuova strategia è costituita dall'assunzione unilaterale di tre obiettivi vincolanti per l'intera Unione, caratterizzati da un ricorrente numero "magico", il 20. Entro il 2020 l'Unione Europea si impegna a ridurre le emissioni di gas-serra del 20 per cento rispetto al 1990, a portare la quota di fonti rinnovabili di energia sul totale consumato al 20 per cento e di elevare l'efficienza energetica (rapporto consumi di energia su Pil) al 20 per cento. La strategia è divenuta successivamente nota come pacchetto "20-20-20".

Si può discutere della scelta di questi obiettivi al posto di altri, così come si può discutere della scelta dell'adozione di target vincolanti al posto dell'utilizzo di altri strumenti di intervento. Non è questa la sede per farlo, preme tuttavia sottolineare due aspetti. Primo, in linea di principio la lotta ai cambiamenti climatici si fa anche solo con il primo dei tre obiettivi, quello della riduzione delle emissioni. Gli altri due elementi servono anche altre finalità: sono essenzialmente la riduzione della dipendenza energetica dall'estero e la ricerca, sviluppo e adozione di nuove tecnologie energetiche e di una nuova industria a esse collegata. Secondo, l'assunzione di un impegno europeo si traduce necessariamente nell'assunzione di obblighi per ciascuno Stato membro.

Stante l'approvazione della strategia il Consiglio dava mandato alla Commissione di tradurre in pratica le sue decisioni, dando contenuto preciso a quei propositi. Dopo quasi un anno di analisi, a gennaio 2008 la Commissione presenta il proprio pacchetto di proposte costituito da una serie di direttive, le più importanti ai fini presenti sono due sulla riduzione delle emissioni e una sulle fonti rinnovabili. Interessante è notare che dei tre 20 per cento, quello dell'efficienza energetica viene lasciato da parte e diventa un *target aspirational* e non più *mandatory*: viene dunque escluso almeno per il momento dal pacchetto clima.

L'elemento centrale della strategia europea, la sua spina dorsale, resta l'Ets, il mercato dello scambio dei permessi attivato nel 2005 ed entrato nella sua seconda fase, quella 2008-2012. Lo strumento, previsto dal Protocollo di Kyoto, consente agli attori soggetti a controllo delle proprie emissioni di raggiungere il target con la maggiore flessibilità, e cioè con i costi più bassi possibile ⁴¹. Se sono virtuosi potranno vendere la differenza positiva tra il proprio obiettivo e le proprie emissioni, ottenendo un guadagno; se non sono virtuosi, con emissioni superiori al proprio target, potranno acquistare permessi sul mercato a un prezzo che avranno giudicato inferiore a quello che avrebbero dovuto pagare per ridurre le proprie emissioni "in casa". Entrambi gli attori, che offrono e che domandano, hanno in questo caso la possibilità di scegliere tra modificare il proprio livello di emissioni in relazione al target ovvero compravendere la differenza sul mercato sotto forma di permessi. Si tratta dunque di una soluzione costo-efficiente, rispetto all'alternativa dell'obbligo secco (con sanzioni per le inadempienze) per ciascuno di soddisfare il proprio obiettivo.

Cruciale in questa situazione è la distribuzione degli impegni ai singoli attori, in modo che sia compatibile con il target complessivo europeo. Le proposte di direttiva della Commissione contengono perciò una declinazione a livello di Stati membri degli obblighi loro imposti compatibili con l'obiettivo del 20 per cento. La proposta di *burden sharing* deve anzitutto assicurare che, dati e simulazioni alla mano, la compatibilità sia assicurata, e vuole inoltre valutare quali siano i costi e i benefici dell'intera strategia, nonché quelli per i singoli Stati con la ripartizione degli oneri ipotizzata.

Anche per le rinnovabili è previsto un analogo meccanismo di flessibilità, rappresentato dalla possibilità di acquistare e vendere titoli su un nuovo mercato, quello delle garanzie d'origine, simile ai certificati verdi nazionali, nel caso in cui la propria quota di energie rinnovabili fosse inferiore (o superiore) al proprio target nazionale. Un altro meccanismo di flessibilità che, come il precedente, svolge la funzione di permettere ai singoli di non soddisfare "fisicamente" il proprio target, senza però violare quello europeo.

I costi in termini di Pil per l'Unione e per i singoli Stati membri dell'intera strategia sono il risultato di una lunga e complessa serie di simulazioni, condotte per conto della Commissione da un noto istituto di ricerca, l'E3M-Lab della National Technical University di Atene, sulla base di un modello economico-energetico-climatico chiamato *Primes* ⁴². Per queste proposte di direttive è infatti tipico prevedere una valutazione del loro impatto e la documentazione relativa a queste analisi è generalmente pubblicata sul sito della Commissione europea.

Punto di partenza è il cosiddetto *baseline*, lo scenario di riferimento senza gli interventi prospettati, che poggia su una dettagliata descrizione della struttura del sistema energetico, fatta di equazioni e parametri, e su una serie di importanti

⁴⁰ Riferimento per il paragrafo è l'ottima analisi svolta da Marzio Galeotti, su laVoce.info, 10 ottobre 2008. http://www.lavoce.info/articoli/-energia_ambiente/pagina1000699.html
<http://www.lavoce.info/articoli/pagina1000701.html>

⁴¹ Secondo il presidente del Consiglio, la compravendita di questi titoli assomiglia a un mercato dei derivati simile a quello dei mutui subprime e pertanto va assolutamente abbandonata" (dal sito www.repubblica.it/2008/10/sezioni/ambiente/clima-vertice-ue-2/).

⁴² <http://www.e3mlab.ntua.gr/>





ipotesi relative ai *drivers* sottostanti, come crescita economica, prezzi del petrolio, trend demografici ecc.⁴³ Lo scenario di riferimento al 2020 serve come base di confronto con altri in cui si attuano le direttive proposte, e che come tali costituiscono gli scenari “vincolati” o di policy. Quelli considerati variano tra loro per diversi aspetti, ma soprattutto per il diverso grado di operatività dei meccanismi di flessibilità. Ed è sui costi dei vari scenari che è andata in onda la disputa tra Governo italiano e UE.

Lo strumento utilizzato dalla Commissione per valutare le conseguenze economiche del pacchetto clima, il modello Primes, non è l'unico in circolazione per questo tipo di esercizi. Al di là dei suoi meriti, data l'estrema rilevanza della posta in gioco, sarebbe stato auspicabile produrre risultati per lo stesso pacchetto con altri modelli di simulazione di altri istituti di ricerca europei al fine di valutare la robustezza dell'analisi. Spesso diversi scenari sono simulati per vedere il grado di variabilità delle stime ottenute – in questo caso i costi – rispetto a quelle centrali scelte come le più ragionevoli, realistiche o preferibili. Lo scenario su cui la Commissione europea ha basato le sue valutazioni è quello che prevede l'operatività dei vari meccanismi di flessibilità, in particolare lo scambio di garanzie di origine sulle rinnovabili e la possibilità (limitata) di accreditare alle imprese europee le minori emissioni associate a progetti e impianti che esse realizzassero nei paesi in via di sviluppo: si tratta dei cosiddetti CDM previsti dal Trattato di Kyoto. Questo ricorso, ancora una volta, può essere per il singolo attore meno oneroso delle opzioni alternative di cui dispone per raggiungere il proprio target. I costi per l'Unione europea di questa strategia che sfrutta la flessibilità variano tra lo 0,45 e lo 0,60 per cento del Pil⁴⁴. Associato al caso della massima flessibilità vi è un costo per l'Italia compreso tra lo 0,51 e lo 0,66 per cento del proprio Pil.

È interessante notare che tale tabella veniva già proposta come tabella 37 nel documento di valutazione di impatto del pacchetto clima che la Commissione pubblicava a febbraio 2008, all'indomani cioè delle proposte di direttiva⁴⁵.

La Commissione non aveva quindi reso noti i dati di costo di una serie di altri scenari simulati, ivi inclusi quelli che non prevedevano l'operatività di alcun meccanismo di flessibilità: non c'è bisogno di un economista per comprendere che tali scenari portano a costi per i singoli paesi, Italia inclusa, maggiori di quelli con flessibilità.

All'indomani della presentazione della proposta, il Parlamento europeo ha iniziato l'analisi dei contenuti e, attraverso un processo di emendamenti e votazioni, è arrivato a fine settembre ad approvare il pacchetto in una versione sostanzialmente invariata. Nonostante le pressioni di vari europarlamentari, le Commissioni ambiente e industria hanno licenziato un testo che è arrivato perciò al Consiglio europeo del 15 ottobre scorso. Queste direttive richiedono la doppia approvazione di Parlamento e Consiglio europeo e possono prevedere, se emendate, un riesame. Inoltre potrebbero essere approvate anche a maggioranza qualificata del Consiglio, in codecisione con il Parlamento, rendendo dunque un eventuale veto dell'Italia un atto politico, sicuramente serio e da evitare assolutamente, ma privo di rilievo giuridico.

Mentre l'Europarlamento era impegnato nell'esame del pacchetto, iniziava, soprattutto a cavallo dell'estate, il lavoro diplomatico dei nostri ministri, finalizzato alla ricerca di alleati da associare alla propria posizione negativa sul pacchetto, quanto a tempi di entrata in vigore ed entità dell'impegno richiesta a ciascun paese. Ma la strategia nazionale mirava anche alla Commissione europea cercando di mostrare come le analisi quantitative condotte non riproducono fedelmente i reali costi che l'Italia dovrebbe sostenere nel caso di approvazione del pacchetto.

A supporto della propria posizione, il ministero delle Attività produttive produceva un documento datato 8 settembre 2008 di stima dei costi basato su un'analisi condotta dal Rie, il centro ricerche di Bologna che fa capo ad Alberto Clò, ex ministro dell'Industria del primo esecutivo Prodi. Il documento forniva cifre di costo davvero impressionanti. Stimava per il periodo 2013-2020 un costo per lo sviluppo delle fonti rinnovabili pari a 50 miliardi di euro, un costo per la riduzione dell'intensità energetica addirittura di 120 miliardi e infine un costo associato alla riduzione delle emissioni per un importo di 23-27 miliardi. Nel complesso si tratta di 200 miliardi che su base annua ammontano a 25 miliardi circa. Il documento e le cifre in esso contenute venivano fatte proprie dalla Confindustria che, prendendo le mosse dalla considerazione della consistente base manifatturiera della nostra economia e del paventato rischio di delocalizzazione delle nostre imprese più energivore, affiancava il governo nell'offensiva europea.

Il documento Matt-Rie per come i calcoli sono effettuati lascia adito a dubbi significativi. Anzitutto il pacchetto europeo non prevede attualmente interventi sull'efficienza energetica: togliendo i 120 miliardi e conteggiando solo l'intervento su emissioni e rinnovabili i costi cumulati scendono a 73-77 miliardi, cioè poco più di 9 miliardi l'anno. In secondo luogo i calcoli sono fatti considerando gli obiettivi uno alla volta indipendentemente dagli altri, secondo una procedura di mera moltiplicazione tra un prezzo ipotizzato della tonnellata di carbonio per le presunte emissioni risparmiate e di prezzo delle varie fonti rinnovabili per il corrispondente consumo stimato sulla base dei target previsti dalle direttive. Naturalmente questo è una procedura approssimativa, in quanto appare di tutta evidenza come senza modelli integrati che consentano

di tenere conto di tutte le interazioni tra mercati, settori di attività e agenti, soprattutto in presenza di una pluralità di politiche, sia difficile fornire cifre dotate di una credibilità per lo meno analoga a quelle della stessa Commissione europea.

L'arma del governo italiano a sostegno della tesi della ridiscussione e del rinvio si è successivamente spostata su altri dati e su un'altra tabella, prodotta dallo stesso ministero, che è poi quella ripresa ripetutamente dalla stampa in questi giorni, ed è anche quella che permette di chiarire i termini della disputa⁴⁶.

La Commissione stima i costi del pacchetto clima per l'Italia nell'ordine dello 0,51-0,66 per cento del Pil, l'Italia sostiene che sono pari al doppio, l'1,14 per cento del Pil, ossia 181,5 miliardi di euro cumulativamente ovvero 18,2 miliardi in media d'anno. È importante notare che questo ultimo dato non era stato fornito dalla Commissione europea a febbraio 2008 per la semplice ragione che corrisponde allo scenario privo di qualsiasi meccanismo di flessibilità per rinnovabili e CDM. È stato successivamente incluso in un documento di più di 900 pagine, solo tabelle e numeri, in cui vengono riprodotti paese per paese i risultati di tutti i vari scenari considerati nell'esercizio di simulazione, ivi incluso quello assunto a riferimento dal governo⁴⁷.

A essere precisi, verificando la corrispondenza tra documenti degli scenari e dei numeri per l'intera Unione, la Commissione calcola che il costo su base annua in questo caso ammonterebbe a 21,2 miliardi di euro. Questo è quanto presentato in un estratto del documento (a pagina 119) riportato qui sotto nella seconda tabella, mentre quello di flessibilità dell'Unione europea (a pagina 461) è ripreso nella terza tabella.

La politica può e deve decidere di ripartire i costi e i benefici fra le tre parti; scaricando i costi sui cittadini (ad esempio facendo pagare più l'energia), o su altri settori produttivi o sulle casse pubbliche. Proprio come ha fatto nel caso di Alitalia o in quello delle banche.

Ad esempio, un settore industriale strategico e con alti livelli di occupazione potrebbe essere aiutato più di uno che si ritiene comunque senza futuro e con scarse ricadute occupazionali o territoriali. Ed è una decisione eminentemente politica, non scientifica, decidere se alcuni costi sono “troppo” alti, oppure se sono necessari e supportabili.

Leggendo titoli come “Alle famiglie costerebbe 60 euro l'anno” (La Stampa, pag. 3 del 19/10) oppure “la Ue uccide l'industria” (Corriere 15/10) oppure “La UE da sola non può risolvere il problema” (La Repubblica 17/10) oppure “così il governo italiano mette in discussione Kyoto” (Repubblica 17/10) oppure dichiarazioni come “chiederemo di rinegoziare Kyoto” (On. Matteoli, 19/10), sembra invece che la confusione regni sovrana.

Perché è evidente che non si sta parlando del Protocollo di Kyoto e neppure solo di clima

Non vi sono numeri inventati, fasulli o più veri. Vi sono solo numeri, corrispondenti a diverse ipotesi di scenario, ognuno associato a modalità di implementazione delle stesse direttive. Nessuna ipotesi mette in discussione l'impianto di fondo e i principi del pacchetto 20-20-20, ma guarda semplicemente all'impatto sui costi complessivi della presenza o meno, e in diversi gradi, dei meccanismi di flessibilità previsti. Edunque singolare che il governo italiano, liberista sulla carta, vada a selezionare a sostegno delle proprie tesi proprio quello scenario che non prevede, anzi nega, un ruolo ai mercati e alla flessibilità. Questo lo porta anche a notare inutilmente che nello scenario Commissione europea i nostri targets fisici non sono raggiunti: questo è sicuramente vero, ma è precisamente il risultato dell'operare dei meccanismi di flessibilità. Non è un problema, poiché ciò che conta per l'intera strategia è che i targets europei siano centrati. Non vi è uno scenario giusto né uno sbagliato; ve ne sono diversi e ragionevolmente la Commissione europea ha selezionato quello che fa un favore agli Stati membri in quanto porta a minimizzare per essi i costi delle direttive proposte. Questo appare essere stato ben compreso dagli altri importanti paesi dell'Unione – Germania, Francia, Spagna – atteso che quest'ultima ha addirittura un costo stimato superiore al nostro ed atteso che la crisi finanziaria riguarda tutti quanti e non solo noi. Il presidente di turno Sarkozy, buon amico di Berlusconi, vuole chiudere entro dicembre con una decisione definitiva e ha messo in chiaro che l'arma del veto è spuntata, in quanto inefficace. I numeri assumono allora il valore di una scusa per cercare di prendere tempo e cercare di ottenere condizioni più vantaggiose nella ripartizione degli oneri tra paesi membri. Siamo in compagnia di otto paesi dell'Europa dell'Est, unico tra i fondatori ad adottare una posizione di scontro e chiusura con la Commissione e gli altri stati membri che contano. Non è una bella cosa. La partita poteva essere giocata meglio e si doveva tenere presente che tutti i nostri partner hanno visto il comportamento da cicale delle emissioni che l'Italia, governi di centrosinistra o di centrodestra, ha tenuto finora e che ci colloca ampiamente fuori rotta rispetto all'appuntamento di Kyoto.

Quanto alla posizione di Confindustria non si può non riconoscere che svolte nella politica energetica e del clima di questo tipo, la cui importanza e necessità è da tutti riconosciuta, comportano aggiustamenti nell'economia, che riguardano anche i settori produttivi. L'industria delle rinnovabili fiorisce, le industrie energivore soffrono: riallocazioni sono dolorose ma necessarie. L'esigenza è favorirle attutendo per quanto possibile i costi. Ma le proposte di direttiva, con

⁴³ Il baseline scenario è descritto in un documento scaricabile all'indirizzo http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/trends_2030_update_2007/energy_transport_trends_2030_update_2007_en.pdf.

⁴⁴ Si tratta della tabella 11 del documento di sintesi ottenibile all'indirizzo http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/climat_action/analysis.pdf

⁴⁵ http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/climat_action/climate_package_ia_annex.pdf

⁴⁶ http://www.minambiente.it/moduli/output_immagine.php?id=2388

⁴⁷ http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/climat_action/analysis.pdf e http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/climat_action/analysis_appendix.pdf





l'assegnazione gratuita, almeno all'inizio, dei permessi di emissione, la possibilità di opting-out per le piccole imprese dal mercato delle emissioni, fino alla discussa possibilità di imporre border tax adjustments (cioè dazi all'import) per le produzioni più a rischio di perdita di competitività, svolgono esattamente quella funzione.

Più in generale, infine, i numeri da tutti citati enfatizzano i costi, ma non tengono adeguato conto dei benefici. Quale è l'entità dei danni dei cambiamenti climatici evitati dalle direttive se dovessero entrare in vigore? Quale è l'entità dei cosiddetti co-benefici rappresentati da guadagni occupazionali netti, da proventi connessi all'innovazione tecnologica? Quale il costo di interventi alternativi come tasse sul carbonio, quali i benefici in termini di minori emissioni di altri inquinanti connessi al pacchetto? Non varrebbe la pena di dirigere maggiori sforzi verso una più accurata valutazione dei benefici, oltre che dei costi?

L'attività di trasporto e la disponibilità di veicoli e sistemi come autovetture, ferrovie, navi e velivoli a costi sempre più accessibili e in continua diminuzione sono strettamente correlate e definiscono un sistema chiuso che si autoalimenta in un circolo vizioso. L'aumento della domanda di trasporto (attività) richiede una sempre maggiore disponibilità di mezzi, il che a sua volta sostiene un continuo aumento dell'attività. Storicamente la disponibilità di nuove soluzioni di trasporto ha persino condizionato lo sviluppo di particolari modelli urbani. È il caso delle città-satellite europee, che si sono sviluppate a raggiera lungo le linee ferroviarie intorno ai grandi centri a partire dalla fine del diciannovesimo secolo, e degli insediamenti suburbani del nord America, concepiti esclusivamente in funzione dell'automobile a partire dalla metà del ventesimo secolo.

La separazione della crescita dei trasporti dalla crescita economica è stato per decenni obiettivo centrale della politica europea dei trasporti con scarsi risultati. Il libro bianco sui trasporti, il principale documento di politica settoriale dell'UE continua a vedere una continuazione di tale tendenza: il trasporto su strada e quello aereo dovrebbero aumentare rispettivamente del 36% e del 105% tra il 2000 e il 2020 nell'UE-25, con una crescita ancora maggiore nell'UE-10.

La riduzione dell'attività totale significa viaggiare meno o trasportare meno merci ovvero trasportarle per distanze più brevi. In una frase: **ottimizzazione dei processi metabolici delle aree urbane.**

Non è un'impresa facile da compiere perché va contro aspettative profondamente radicate. È difficile accettare limitazioni di libertà di movimento mentre allo stesso tempo viene percepito un miglioramento della situazione economica. È il paradosso dell'urbanesimo: un impedimento alla mobilità dovuto a limiti infrastrutturali, come nel caso degli ingorghi stradali, è accettato dalla massa della popolazione. Se invece le limitazioni sono preventive e vengono proposte proprio per evitare in anticipo la congestione del traffico o altri limiti di capacità, come il potenziamento di linee di tram a scapito della superficie stradale ordinaria, un gran numero di automobilisti, che sono anche elettori e in quanto tale influenzano le scelte dei politici, vi si oppongono categoricamente. Un ulteriore aggravamento di questo paradosso è che, quando si aumenta la capacità infrastrutturale per aumentare la capacità infrastrutturale in modo da moderare la congestione del traffico, la capacità aggiuntiva attira nuovo traffico che alla fine nel complesso peggiora la situazione preesistente.

Il cambiamento della modalità significa la selezione dei mezzi di trasporto che necessitano di minor energia e rilasciano meno emissioni di gas serra per una specifica attività espressa in passeggeri-km o tonnellate-km. Il cambiamento di modalità nella maggior parte dei casi presuppone il passaggio dal mezzo privato a quello pubblico o dalla strada alla ferrovia e al trasporto su acqua.

Tutti gli studi di settore indicano come prioritaria la necessità di spostare parte del traffico dalla strada alle ferrovie e all'acqua. In UE il principale documento di strategia del settore è costituito dal Libro bianco sui trasporti del 2001, che presenta una forte argomentazione a favore di un migliore bilanciamento e di una maggiore integrazione tra le varie modalità.

Questo vale in maniera evidente per l'Italia e per le sue aree urbane in cui merci e persone viaggiano quasi esclusivamente su strada: della criticità del caso italiano Roma ne è la massima espressione.

BOX

Il libro bianco sui trasporti

La politica europea per la mobilità: Libro bianco, presentato dalla Commissione il 12 settembre 2001: "La politica europea dei trasporti fino al 2010: il momento delle scelte." [COM(2001) 370 def. - non pubblicato nella Gazzetta ufficiale].

Il Libro Bianco dei trasporti presentato nel 2001 si proponeva di affrontare, entro il 2010, le sfide poste dalla rapida crescita del trasporto di merci e persone nell'Unione Europea (congestione, inquinamento, sicurezza, qualità della vita) e, nello stesso tempo, rispondere al bisogno economico e sociale di trasporto efficace. Questo obiettivo è sempre di

attualità, ma nel frattempo ci sono stati diversi cambiamenti: allargamento dell'UE, globalizzazione del settore trasporti innovazione tecnologica, Protocollo di Kyoto sull'inquinamento, aumenti del prezzo del petrolio: per questo la Commissione ha recentemente ritenuto opportuno pubblicare una comunicazione, intitolata "per un'Europa in movimento: una politica dei trasporti per la mobilità durevole", che propone una revisione del Libro Bianco del 2001.

La Commissione europea propone quasi sessanta misure per realizzare un sistema di trasporto capace di riequilibrare i modi di trasporto, rilanciare le ferrovie, promuovere il trasporto marittimo e fluviale e controllare la crescita del trasporto aereo. Il Libro bianco è la risposta alla strategia di sviluppo sostenibile stabilita dal Consiglio europeo di Göteborg nel giugno 2001.

La Comunità europea ha avuto difficoltà ad applicare la politica comune dei trasporti prevista dal Trattato di Roma. Il Trattato di Maastricht ha pertanto rafforzato le basi politiche, istituzionali e di bilancio introducendo anche il concetto di rete transeuropea (Transeuropean Network -TEN).

Il primo Libro bianco della Commissione sullo sviluppo della politica comune dei trasporti, pubblicato nel 1992, mette l'accento sull'apertura del mercato del trasporto. Una decina di anni più tardi, il cabotaggio stradale è diventato una realtà, il traffico aereo presenta il livello di sicurezza più elevato del mondo e la mobilità delle persone è passata da 17 km al giorno nel 1970 a 35 km nel 1998. In questo contesto, i programmi quadro di ricerca hanno sviluppato le tecniche più moderne per realizzare due sfide molto importanti: la rete transeuropea dei treni ad alta velocità ed il programma di navigazione via satellite GALILEO.

Tuttavia, l'applicazione più o meno rapida, a seconda dei modi di trasporto, delle disposizioni comunitarie, spiega l'esistenza di alcune difficoltà e precisamente:

- la crescita disuguale dei vari modi di trasporto. La strada rappresenta il 44% del trasporto di merci contro l'8% della ferrovia ed il 4% delle vie navigabili. Il trasporto stradale di passeggeri rappresenta il 79%, quello aereo il 5% e quello ferroviario il 6%;
- la congestione su alcuni grandi assi stradali e ferroviari, nelle grandi città e in alcuni aeroporti;
- i problemi ambientali o di salute dei cittadini e l'insicurezza sulle strade.

Queste tendenze potrebbero accentuarsi con lo sviluppo economico e l'allargamento dell'Unione europea.

Obiettivi: rafforzare la qualità del settore stradale, migliorare l'applicazione dei regolamenti in vigore mediante il rafforzamento delle sanzioni dei controlli.

Cifre: per il trasporto di merci e di passeggeri, la strada è il tipo di trasporto privilegiato, poiché assorbe il 44% del trasporto merci ed il 79% del trasporto di passeggeri. Tra il 1970 ed il 2000, il parco auto della Comunità è triplicato, passando da 62,5 milioni di automobili a quasi 175 milioni.

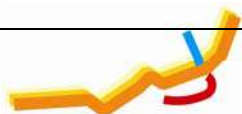
Problematica: il trasporto di merci è un settore target, poiché le previsioni per il 2010 indicano un aumento del 50%. Malgrado la loro capacità di trasportare merci ovunque nell'UE con una grande flessibilità e a prezzi accettabili, alcune piccole imprese hanno difficoltà a mantenere la loro redditività. La congestione del traffico aumenta perfino nelle grandi arterie e il trasporto stradale rappresenta l'84% delle emissioni di CO2 nel settore dei trasporti.

Misure proposte: le proposte della Commissione mirano a:

- armonizzare il tempo di guida con un massimo di 48 ore alla settimana in media (eccetto per i conducenti liberi professionisti);
- avvicinare le norme nazionali in materia di divieto di circolazione degli autocarri il fine settimana;
- introdurre un attestato di conducente che permette di verificare la regolarità della situazione occupazionale del conducente;
- sviluppare la formazione professionale;
- promuovere l'uniformità della legislazione nel settore dei trasporti su strada;
- armonizzare le sanzioni e le condizioni di immobilizzazione dei veicoli;
- aumentare il numero di controlli;
- incoraggiare gli scambi d'informazione;
- rafforzare la sicurezza stradale per dimezzare il numero di morti entro il 2010;
- garantire tasse armonizzate del carburante da trasporto per uso professionale riducendo le distorsioni concorrenziali sul mercato liberalizzato del trasporto stradale.

IL TRASPORTO FERROVIARIO

Obiettivi: rilanciare le ferrovie grazie alla creazione di uno spazio ferroviario integrato, efficiente, competitivo e sicuro e mettendo a punto una rete apposita per il trasporto di merci.





Cifre: la quota di mercato del trasporto di merci per ferrovia è passata dal 21% nel 1970 all'all'8,4% nel 1998, mentre è ancora del 40% negli Stati Uniti. Parallelamente, il trasporto di viaggiatori per ferrovia è passato da 217 miliardi di passeggeri/km nel 1970 a 290 miliardi nel 1998. In questo contesto, ogni anno vengono chiusi 600 km di strade ferrate.

Problematica: il Libro bianco constata la mancanza di infrastrutture adeguate al trasporto moderno, l'assenza d'interoperabilità tra le reti ed i sistemi, le scarse ricerche sulle tecnologie innovative e la dubbia affidabilità di un servizio che non risponde alle necessità dei cittadini. Il successo dei nuovi servizi di treni ad alta velocità ha tuttavia permesso una crescita significativa del trasporto di viaggiatori su lunga distanza.

Misure proposte: la Commissione europea ha adottato un secondo pacchetto ferroviario di cinque misure di liberalizzazione e armonizzazione tecnica delle ferrovie, al fine di rilanciare le ferrovie grazie alla costruzione in tempi rapidi di uno spazio ferroviario europeo integrato. Le cinque nuove proposte mirano a:

- sviluppare un approccio comune della sicurezza per integrare gradualmente i sistemi nazionali di sicurezza;
- completare i provvedimenti dell'interoperabilità per facilitare la circolazione transfrontaliera e ridurre i costi sulla rete ad alta velocità;
- creare uno strumento di controllo efficace: l' Agenzia europea per la sicurezza e l'interoperabilità ferroviaria;
- estendere ed accelerare l'apertura del mercato del trasporto merci ferroviario per aprire il mercato merci nazionale;
- aderire all'organizzazione intergovernativa per i trasporti internazionali ferroviari (OTIF).

Questo "pacchetto ferrovia" dovrebbe essere completato da altre misure previste nel Libro bianco, intese a:

- garantire servizi ferroviari di grande qualità;
- eliminare gli ostacoli all'entrata del mercato dei servizi ferroviari di merci;
- migliorare le prestazioni ambientali del trasporto merci ferroviario;
- dedicare gradualmente al trasporto merci una rete di linee ferroviarie;
- aprire gradualmente il mercato del trasporto ferroviario di passeggeri;
- migliorare i diritti dei passeggeri ferroviari.

IL TRASPORTO AEREO

Obiettivi: controllare la crescita del trasporto aereo, combattere la saturazione del cielo e preservare il livello di sicurezza pur garantendo la tutela dell'ambiente.

Cifre: la quota del trasporto aereo nel trasporto di passeggeri dovrebbe raddoppiare tra il 1990 ed il 2010 e passare dal 4% all'all'8%. Il trasporto aereo è responsabile del 13% delle emissioni di CO2 attribuite ai trasporti. I ritardi causano un sovraconsumo di carburanti del 6%.

Problematica: tale crescita, che impone una riforma della gestione del cielo ed un miglioramento delle capacità aeroportuali nell'UE. Eurocontrol (Organizzazione intergovernativa europea per la sicurezza della navigazione aerea) (EN), è limitata da un sistema di decisione mediante consenso.

Misure proposte: la creazione del cielo unico europeo costituisce una delle priorità attuali, grazie alle misure seguenti:

- un quadro regolamentare basato su regole comuni di uso dello spazio aereo;
- una gestione comune civile/militare del traffico aereo;
- un dialogo con le parti sociali per stabilire accordi tra le organizzazioni interessate;
- una cooperazione con Eurocontrol;
- un sistema di sorveglianza, ispezioni e sanzioni per garantire l'attuazione effettiva delle norme.

Oltre alle misure per ristrutturare lo spazio aereo, la Commissione auspica l'armonizzazione del livello tecnico dei controllori, mediante la creazione di una licenza comunitaria per i controllori di volo. Parallelamente alla realizzazione del cielo unico, l'uso più efficace delle capacità aeroportuali presuppone la creazione di un nuovo quadro regolamentare concernente:

- la modificazione dell'attribuzione delle fasce orarie nel 2003, ossia il diritto di atterrare a/decollare da un aeroporto ad un'ora specifica. A tal fine, la Commissione proporrà dei nuovi regolamenti;
- una modifica degli oneri aeroportuali per incoraggiare la ripartizione dei voli nel corso della giornata;
- norme ambientali per limitare le conseguenze nocive per l'ambiente. Il trasporto aereo è confrontato a problemi come l'inquinamento acustico generato dal traffico. L'UE deve tenere conto degli impegni internazionali nel quadro dell'ICAO (International Civil Aviation Organisation). A tale riguardo, la Commissione europea ha appena adottato una proposta

di direttiva che permetterà agli aeroporti europei di vietare gli aerei più rumorosi. Entro il 2002 l'ICAO dovrà anche prendere misure concrete per ridurre le emissioni dei gas a effetto serra. Sono anche all'esame la tassazione del kerosene e la possibilità di applicare l'IVA ai biglietti aerei;

- l'intermodalità con la ferrovia ai fini di una complementarità tra questi due modi di trasporto, in particolare ogni qualvolta si presenti un'alternativa ferroviaria ad alta velocità.
- la creazione di un responsabile europeo della sicurezza aerea (EASA) per preservare l'alto livello di sicurezza;
- la promozione dei diritti di passeggeri, tra cui l'eventuale corresponsione di indennità quando sono vittime di ritardi o negato imbarco .

TRASPORTO MARITTIMO E FLUVIALE

Obiettivi: sviluppare le infrastrutture, semplificare il quadro regolamentare con la creazione di sportelli unici ed integrare norme sociali per creare vere autostrade del mare.

Cifre: rispetto all'inizio degli anni 1980 l'UE ha perso il 40% dei marittimi. In compenso il trasporto marittimo rappresenta il 70% del totale degli scambi tra la Comunità ed il resto del mondo. Nei porti europei transitano ogni anno circa 2 miliardi di tonnellate di merci diverse.

Problematica: i trasporti marittimi e per vie navigabili rappresentano delle alternativa effettive e competitive ai trasporti terrestri. Sono affidabili, economici, poco inquinanti e poco rumorosi. Tuttavia, la loro capacità è sottoutilizzata, in particolare nel trasporto fluviale che potrebbe essere meglio sfruttato. Permangono vari ostacoli infrastrutturali come strozzature, sagoma limite inadatta, altezza dei ponti, funzionamento delle chiuse, mancanza di apparecchiature di trasbordo, ecc..

Misure proposte: il trasporto marittimo e quello fluviale sono degli elementi chiave, che grazie all'intermodalità, consentiranno in particolare di aggirare le strozzature tra la Francia e la Spagna nei Pirenei o tra l'Italia ed il resto dell'Europa nelle Alpi, come pure tra la Francia ed il Regno Unito ed in futuro tra la Germania e la Polonia.

La Commissione ha proposto un nuovo quadro legislativo per i porti che mira a:

- stabilire nuove norme più chiare in materia di pilotaggio, manutenzione, dockers, ecc.;
- semplificare le norme di funzionamento dei porti e riunire tutti i soggetti interessati della catena logistica (caricatori, armatori, trasportatori, ecc..) in uno sportello unico.

Per il trasporto fluviale, gli obiettivi sono:

- eliminare le strozzature;
- uniformare le prescrizioni tecniche;
- armonizzare i certificati di guida e le condizioni sul tempo di riposo;
- creare sistemi di aiuti alla navigazione.

INTERMODALITÀ (UTILIZZO DI PIÙ MODI DI TRASPORTO)

Obiettivi: riequilibrare la ripartizione tra i vari modi di trasporto grazie ad una politica volontaristica a favore dell'intermodalità e della promozione dei trasporti ferroviari, marittimi e fluviali. In questo contesto, una delle sfide principali è il programma comunitario di sostegno " Marco Polo " in sostituzione dell'attuale programma PACT (programma di azioni pilota per il trasporto combinato).

Cifre: il programma PACT, creato nel 1992, ha dato luogo a 167 progetti concreti tra il 1992 ed il 2000. Il nuovo programma di intermodalità "Marco Polo" ha una dotazione annuale di 115 milioni di euro per il periodo 2003-2007.

Problematica: l'equilibrio dei modi di trasporto risente dell'assenza di uno stretto legame tra il mare, le vie navigabili e la ferrovia.

Misure proposte: "Marco Polo" è aperto a tutte le proposte pertinenti per trasferire il trasporto merci dalla strada verso altri modi più rispettosi dell'ambiente. L'intermodalità deve diventare una realtà competitiva e redditizia, in particolare con la promozione delle autostrade del mare.

STROZZATURE E RETE TRANSEUROPEA

Obiettivi: realizzare le grandi infrastrutture previste dal programma di reti transeuropee (TEN), individuate dagli orientamenti del 1996 ed altresì dai grandi progetti selezionati dal Consiglio europeo di Essen nel 1994.

Cifre: fra i quattordici progetti selezionati dal Consiglio europeo di Essen, tre sono completati e altri sei, in fase di costruzione, dovrebbero concludersi prima del 2005, in base alla comunicazione.

Problematica: i ritardi delle reti transeuropee sono dovuti ad una mancanza di finanziamento. Gli attraversamenti alpini che richiedono la costruzione di lunghi tunnel registrano difficoltà a riunire i capitali per la loro realizzazione. La





Commissione propone di completare in particolare la rete ferroviaria veloce per i viaggiatori con le linee ad alta velocità e sistemi che ne permettano il collegamento agli aeroporti e l'attraversamento ferroviario a grande capacità dei Pirenei.

Misure proposte: la Commissione propone la revisione degli orientamenti della rete transeuropea in due tappe. La prima tappa, nel 2001, rivede le TEN definite ad Essen circa l'eliminazione delle strozzature nei grandi assi. La seconda tappa, prevista nel 2004 sarà imperniata sulle autostrade del mare, le capacità aeroportuali ed i corridoi paneuropei nei paesi candidati. La Commissione studia la possibilità di introdurre il concetto di "dichiarazione d'interesse europeo" quando un'infrastruttura è considerata strategica per il buon funzionamento del mercato interno.

I progetti prioritari sono i seguenti:

- completare gli attraversamenti alpini per ragioni di sicurezza e di capacità;
- garantire la permeabilità dei Pirenei, segnatamente ultimando il collegamento ferroviario Barcellona-Perpignan;
- lanciare nuovi progetti prioritari, come TGV/trasporto combinato Stuttgart-Munich-Salzburg/Linz-Vienna, Fehmarn che collegano la Danimarca alla Germania; migliorare la navigabilità del Danubio tra Straubing-Vilshofen; il progetto di radionavigazione Galileo; la rete TGV iberica e l'aggiunta della linea ferroviaria Verona-Napoli e Bologna-Milano con un'estensione verso Nîmes del TGV Europa Meridionale;
- rafforzare la sicurezza nei tunnel grazie a delle norme di sicurezza specifiche sia sui tunnel ferroviari che stradali.

Nel settore del finanziamento delle infrastrutture e delle regolamentazioni tecniche, la Commissione propone:

- una modifica delle regole di finanziamento per la rete transeuropea portando al 20% il tasso massimo di finanziamento comunitario. Ciò riguarderebbe i progetti ferroviari transfrontalieri che attraversano barriere naturali, catene di montagne o tratti di mare, ed anche i progetti relativi alle zone di frontiera dei paesi candidati all'adesione;
- la realizzazione di un quadro comunitario che permetta di finanziare progetti ferroviari mediante la tariffazione sugli itinerari concorrenti;
- una direttiva per garantire l'interoperabilità dei sistemi di pedaggio sulla rete stradale transeuropea.

UTENTI

Obiettivi: porre gli utenti al centro della politica di trasporto, cioè lottare contro gli incidenti, armonizzare le sanzioni e favorire lo sviluppo di tecnologie più sicure e meno inquinanti.

Cifre: nel 2000, gli incidenti della strada hanno causato la morte di oltre 40 000 persone. Una persona su tre sarà ferita nel corso della sua vita in un incidente. Il costo totale degli incidenti rappresenta il 2% del PNL.

Problematica: la principale preoccupazione degli utenti dei trasporti è l'insicurezza stradale. Tuttavia, i mezzi finanziari non corrispondono alla gravità della situazione. Nel settore della tariffazione, gli utenti hanno il diritto di sapere cosa pagano e perché. In chiave ottimale, il costo d'uso delle infrastrutture dovrebbe essere la somma dei costi di manutenzione e di esercizio e dei costi esterni (incidenti, inquinamento, rumore e congestione). Concludendo, l'assenza di tasse armonizzate sui carburanti è un ostacolo al buon funzionamento del mercato interno.

Misure proposte: in materia di sicurezza stradale, la Commissione propone:

- un nuovo programma d'azione sulla sicurezza stradale per il periodo 2002-2010 per dimezzare il numero di morti sulle strade;
- armonizzare le sanzioni, la segnaletica ed i tassi di alcoolemia;
- introdurre nuove tecnologie, come la patente di guida elettronica, i limitatori di velocità per le automobili ed i sistemi di trasporti intelligenti nel quadro della e-Europa. In questo contesto, i progressi in corso mirano a proteggere gli occupanti dei veicoli, rafforzare la protezione dei pedoni e dei ciclisti e migliorare la gestione della velocità.

In materia di tariffazione dell'uso delle infrastrutture, la Commissione propone:

- una direttiva quadro sui principi di tariffazione dell'uso delle infrastrutture e la struttura degli oneri, comprese una metodologia comune per la tariffazione dei costi interni ed esterni che miri a creare una concorrenza equa tra i modi.
- Nel settore dei trasporti stradali, gli oneri saranno modulati in funzione delle prestazioni ambientali dei veicoli (emissioni di gas e di rumore), del tipo di infrastruttura usata (autostrade, strade nazionali ed urbane), della distanza percorsa, del peso e del livello di congestione.
- Nel settore ferroviario, gli oneri saranno modulati secondo la penuria delle capacità di infrastruttura e degli inconvenienti ambientali.
- Nel settore marittimo, le misure proposte saranno collegate alla sicurezza marittima.
- una direttiva sull'interoperabilità dei sistemi di pedaggio applicati alle reti stradali transeuropee.

In materia di fiscalità dei carburanti, la Commissione propone di:

- differenziare la tassazione dei carburanti per uso privato e professionale (direttiva sulle accise);
- stabilire tasse armonizzate per il carburante per uso professionale.

Altre misure mirano a migliorare l'intermodalità per gli spostamenti intermodali, in particolare per coloro che utilizzano nel contempo il trasposto ferroviario e quello aereo, mediante l'introduzione di biglietterie integrate e una migliore gestione dei bagagli.

MANTENERE L'EUROPA IN MOVIMENTO - UNA MODALITA' SOSTENIBILE PER IL NOSTRO CONTINENTE :RIESAME INTERMEDIO DEL LIBRO BIANCO SUI TRASPORTI PUBBLICATO NEL 2001 COM (2006) 314 def. del 22 Giugno 2006

La tematica dei trasporti è talmente importante da avere incidenze sul piano economico, sociale, ambientale ed occupazionale. La Comunicazione esamina 9 punti principali e comprende 2 allegati di cui il primo sulle azioni principali intraprese e da intraprendersi fino al 2009 ed il secondo sulla situazione nel settore dei trasporti – fatti e proiezioni.

I 9 punti analizzati riguardano:

- 1) gli obiettivi della politica dei trasporti: offrire una elevata mobilità, proteggere l'ambiente, assicurare l'approvvigionamento energetico, tutelare i lavoratori sul piano occupazionale e della loro sicurezza, diminuire gli incidenti stradali, favorire l'innovazione, stabilire connessioni tra le politiche europee e gli impegni internazionali (Kyoto), incrementare la co-modalità tra i vari mezzi di trasporto;
- 2) la situazione attuale nel settore dei trasporti: con l'allargamento, l'UE ha assunto una dimensione continentale che necessita di essere ben collegata. Sono aumentati gli obblighi internazionali che vanno applicati il più possibile. Dopo importanti proposte legislative (Progetti TEN, Cielo Unico Europeo, Galileo, Ertms e Sesar) necessita ora un ventaglio più ampio di strumenti più flessibili per la politica dei trasporti;
- 3) la mobilità sostenibile nel mercato interno – collegare gli europei: l'UE intende migliorare il mercato interno dei trasporti terrestri (stradale, ferroviario, e di merci), aereo, per via navigabile (marittimo e fluviale);
- 4) la mobilità sostenibile per il cittadino – trasporto affidabile sicuro e protetto: l'UE intende potenziare le condizioni di lavoro dei cittadini che operano nel campo dei trasporti e nei settori connessi, estendere i diritti già riconosciuti anche ai viaggi in pullman e migliorare la sicurezza (tra le misure già intraprese si ricorda la cd. lista nera delle compagnie aeree) e diminuire gli incidenti stradali potenziando le infrastrutture e la formazione dei conducenti, rafforzare la cooperazione internazionale nell'ambito del controllo antiterroristico per evitare la ripetizione superflua dei costi e verificare, attraverso la pubblicazione di un Libro Verde, il potenziale di un intervento europeo a livello locale nel trasporto urbano;
- 5) i trasporti e l'energia: con il pacchetto legislativo sull'energia che sta per essere adottato, l'UE intende soprattutto ridurre le emissioni di CO2 e la dipendenza dell'Unione dalle importazioni di combustibili fossili, attraverso l'incentivazione di nuove politiche dei trasporti che riducano i consumi di energia e sostituiscano pian piano il petrolio e altri carburanti con i gas naturali, idrogeno elettricità. A tale scopo, va sostenuta la ricerca con fondi adeguati e vanno lanciate campagne di sensibilizzazione degli utenti sui veicoli cd. "più intelligenti";
- 6) l'ottimizzazione delle infrastrutture: gli obiettivi sono: ridurre la congestione, migliorando l'accessibilità, mobilitare tutte le fonti di finanziamento, prevedere una tassazione intelligente. Il raggiungimento del primo passa attraverso l'incoraggiamento ed il coordinamento degli investimenti in infrastrutture intelligenti nuove o ristrutturate per evitare le strozzature e la congestione del traffico creando collegamenti utili ed efficienti tra i vari mezzi di trasporto (co-modalità); Il secondo, lo si intende perseguire con la massimizzazione degli investimenti (bilancio TEN, fondi strutturali e di coesione, ricorso a prestiti sui mercati di capitali, ricorrendo anche a iniziative comuni di attuazione;
- 7) la mobilità intelligente: può essere garantita attraverso sofisticate catene logistiche e soprattutto predisponendo mezzi di trasporto intelligenti. La Comunicazione infatti prevede di sviluppare una strategia globale per la logistica del trasporto merci in Europa seguita da una ampia consultazione per elaborare un piano di azione, così pure proseguire i programmi per la mobilità intelligente nel trasporto stradale ("Automobile intelligente" eSafety), aereo (SEFAR), ferroviario (ERTMS) e per via navigabile (RIS e SafeSeaNet). Inoltre è necessario sfruttare al meglio i segnali di navigazione di Galileo e sviluppare altre iniziative analoghe nel settore marittimo (e-maritime) e prevedere un programma di ampia portata per realizzare infrastrutture intelligenti per il trasporto stradale.
- 8) la dimensione globale: è importante continuare a sviluppare relazioni con i principali partner commerciali e raggruppamenti commerciali, anche attraverso la conclusione di accordi, come pure elaborare un quadro strategico per estendere i principali assi del mercato interno dei trasporti e creare una rete con i paesi confinanti.
- 9) le conclusioni: in 15 anni di attività finalizzata a creare un mercato interno nel campo dei trasporti la mobilità su scala europea è diventata una realtà. Nell'allegato 1 sono indicate le azioni che principali che saranno intraprese nell'arco dei prossimi anni, fino al 2009.



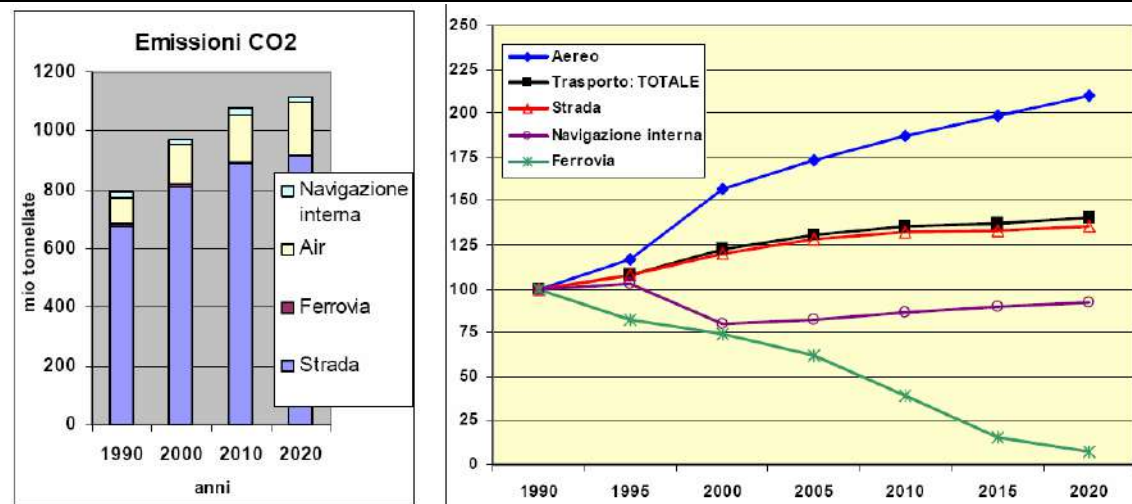


Fig. 104. Evoluzione prevista delle emissioni di CO2 prodotte dai trasporti ripartite per modo di trasporto (1990 = 100). Fonte: modello PRIMES.

Per quanto riguarda la **mobilità urbana**, la Commissione afferma che: *L'iniziativa in materia spetta direttamente alle città più che all'UE. Londra, Stoccolma, Atene, Kaunas, Gdynia e altre città hanno adottato attivamente politiche per una mobilità sostenibile che propongono alternative all'uso dell'automobile. L'UE può promuovere lo studio e lo scambio delle migliori pratiche a livello comunitario in settori quali le infrastrutture di trasporto, la regolamentazione, la gestione della congestione e del traffico, i servizi pubblici di trasporto, la tassazione delle infrastrutture, la pianificazione urbana, la sicurezza, la protezione e la cooperazione con le regioni limitrofe. Le consultazioni pubbliche condotte dalla Commissione hanno rilevato un interesse notevole per un possibile contributo comunitario. La Commissione sfrutterà l'esperienza maturata nel contesto dell'iniziativa CIVITAS e della strategia tematica sul trasporto urbano²¹ e continuerà a promuovere la ricerca sulla mobilità urbana. La legislazione in preparazione sui servizi di trasporto pubblico fisserà un quadro giuridico chiaro e stabile che prevede investimenti di qualità a favore di trasporti pubblici ecologici ed efficienti. Inoltre, l'UE dovrebbe valutare se esistono ostacoli alla politica in materia di trasporti urbani a livello comunitario e individuare le situazioni in cui esiste un consenso favorevole allo sviluppo di soluzioni congiunte, sempre nel pieno rispetto della sussidiarietà.*

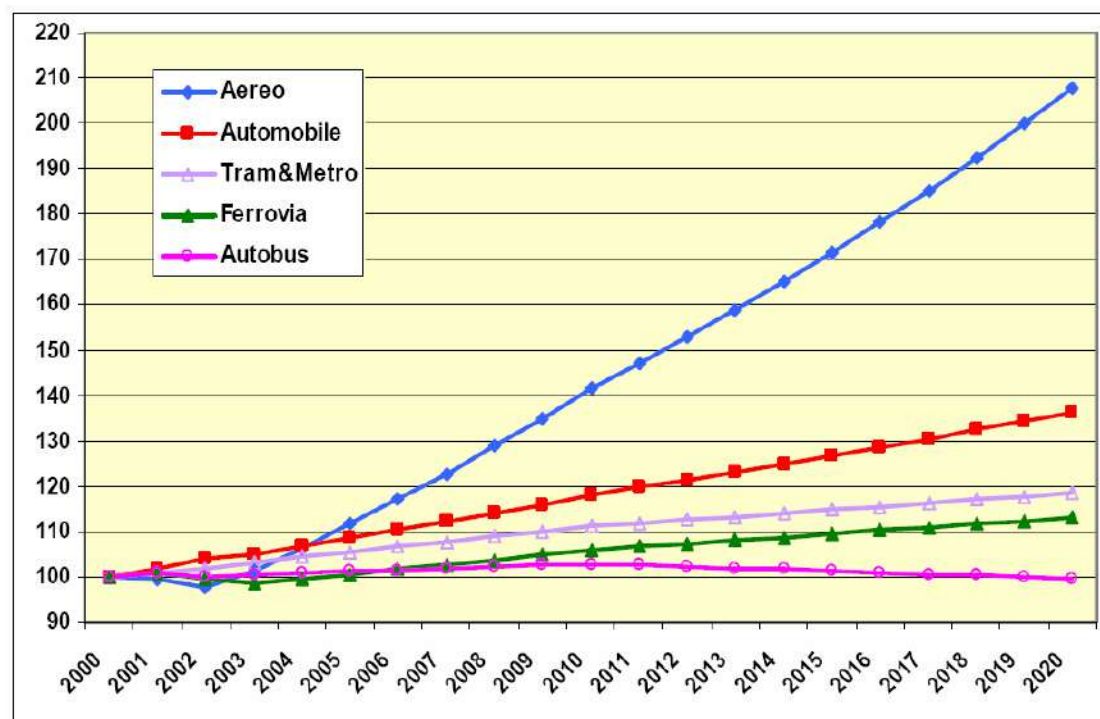


Fig. 105. Evoluzione della ripartizione modale del trasporto merci nel periodo 2000-2020.

Le previsioni di fig. 105 contenute nel libro bianco dovranno probabilmente relazionarsi con il costo del petrolio che, sebbene alla fine del 2008 sia di nuovo sceso intorno ai 60\$/bar vede unanimemente una prospettiva di rapido rialzo a partire già dal 2009. Nelle figura 106 e 107 sono riportate delle elaborazioni sulla base delle previsioni fornite dall'Agenzia Internazionale dell'Energia nel settembre 2008, la stessa che sino all'autunno 2007 prevedeva una crescita incondizionata della produzione e quindi della disponibilità di greggio.

Nelle città che come Roma hanno fondato il proprio metabolismo unicamente sul petrolio la diminuzione della disponibilità di greggio sarà traumatica: nell'epoca successiva al picco del petrolio, persino l'utilizzo delle acque basate sullo scarico senza riciclo diventerà troppo oneroso per molte zone urbane con carenza idriche. Non si tratterà solo di rivedere le modalità urbane di spostamento ma adattare tutti i processi fisiologici della città ad una scena con scarsità di petrolio e dei suoi derivati: movimentazione delle merci; depurazione delle acque di scarico; raccolta e trattamento dei rifiuti.

È bene ricordare che all'ottobre 2008 nell'area urbana di Roma risultavano 2.641.569 automobili su un totale di 3.486.188 veicoli: se messi in fila si avrebbe una coda di 17.430 km pari cioè a circa tre volte la distanza che separa Roma da New York (6.308 km).

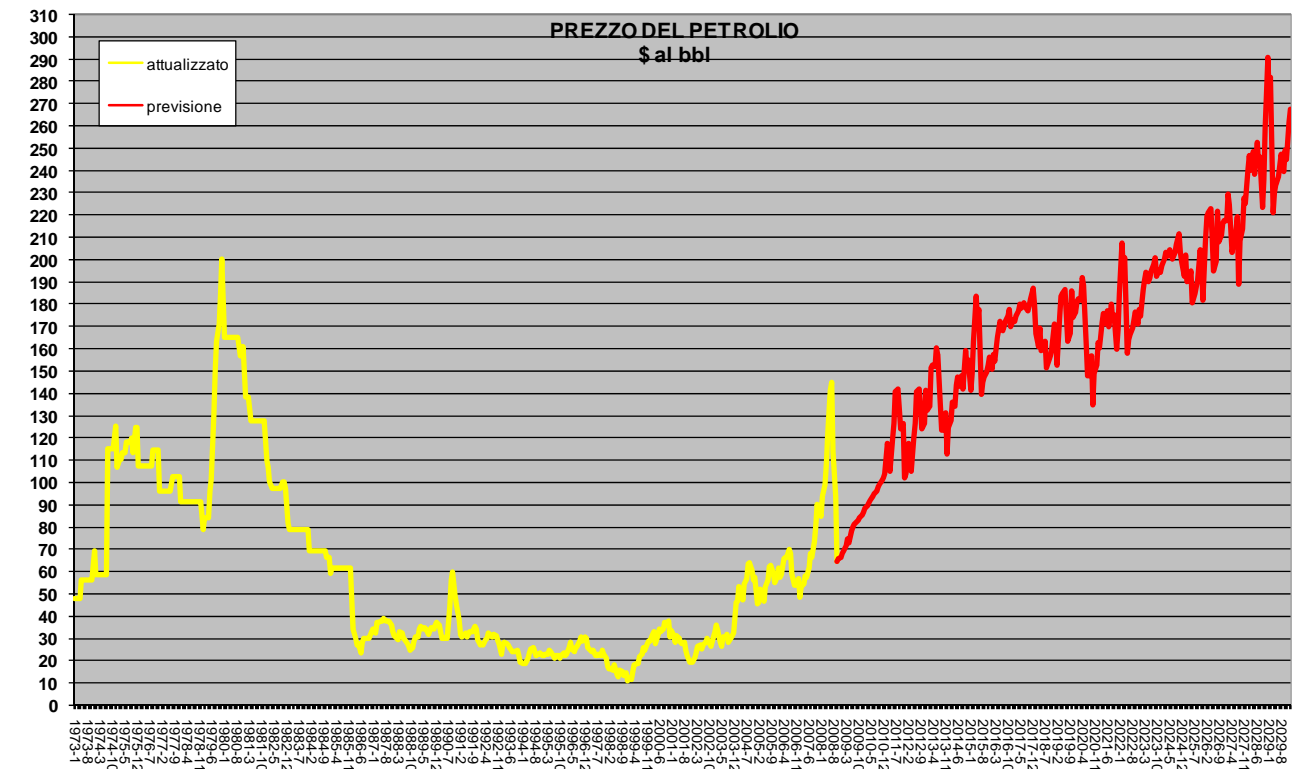


Fig. 106. Proiezioni di stima del prezzo del petrolio: elaborazione su dati AIE che, nel settembre 2008 ha indicato una previsione di 100-150\$ per il periodo 2015-2020 e 150-200\$ per il periodo 2020-2030.

La risalita della curva del petrolio e nella contingenza attuale legata all'evolversi della crisi economica internazionale: la conseguente stagnazione della produzione (e recessione, che in Giappone ha già toccato il differenziale trimestrale del -10%) crea un forte effetto distortore. Non appena la produzione riprenderà il trend del mercato petrolifero sarà di nuovo governato dalla disponibilità reale che invece è tutt'altro che aumentata nonostante l'incremento dello sfruttamento dei depositi di sabbie bituminose dell'Alberta (Canada). In base all'Agenzia Internazionale dell'Energia la crisi potrà solo posticipare la risalita dei prezzi dei prodotti petroliferi.

Esemplare è proprio il caso del Canada: il giacimento delle pianure centrali è paragonabile al giacimento più grande del mondo (Ghawar in Arabia Saudita) ma con un prezzo di estrazione pari ad un 400% in più.



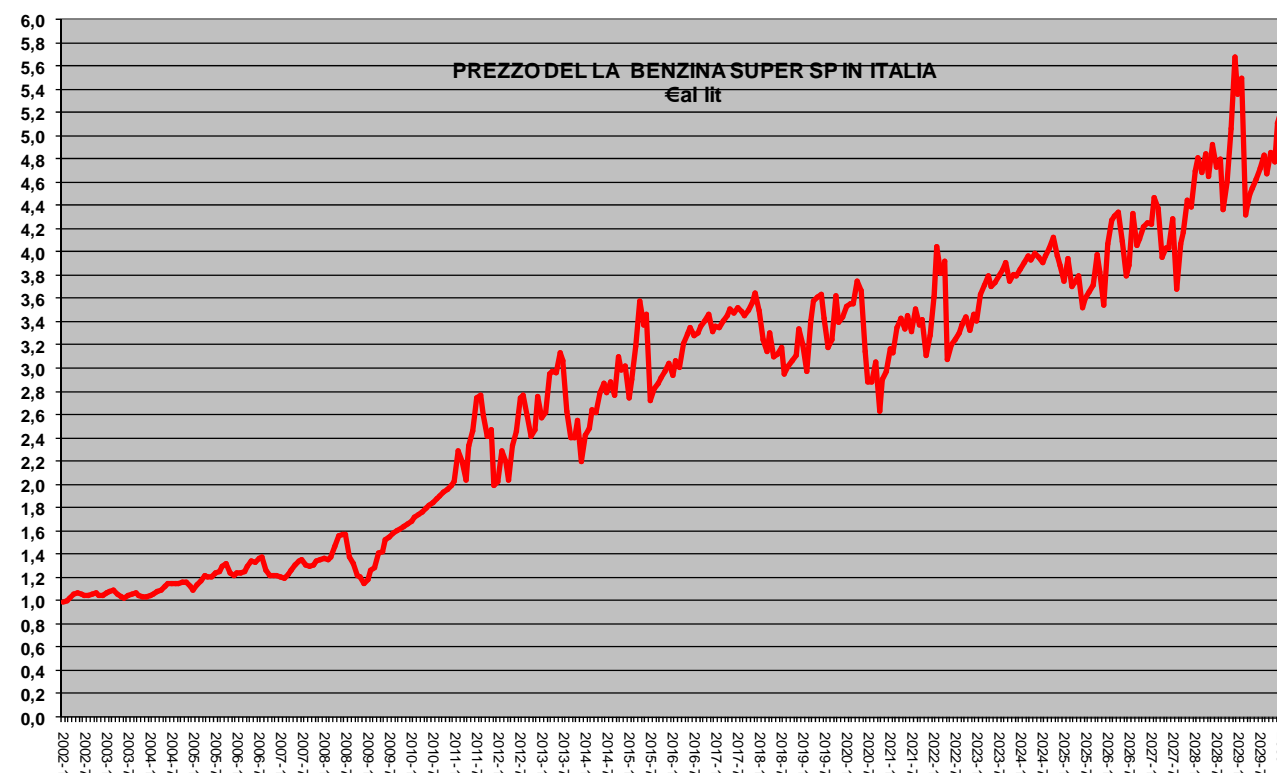


Fig. 107. Proiezioni di stima del prezzo della benzina super senza piombo in Italia, sulla base dell'andamento del prezzo del petrolio di figura 146. Si noti il superamento dei 2€ al litro per il 2011 e la crescita altalenante ma costante sino ai 3,0-3,5€ per il 2015-2020, 3,5-4,0€ per il periodo 2020-2025 e 4,5-5,5€ per il periodo 2025-2030.

I sistemi di mobilità urbana basati sulla combinazione di trasporti su rotaia, autobus, piste ciclabili e percorsi pedonali (*pedovie*) – e solo in ultimo sull'automobile – offrono la migliore combinazione possibile tra una mobilità equa e accessibile, trasporti a basso costo e un ambiente di vita il più salutare possibile.

Il trasporto su rotaia è stato, è e sarà, fondamentale per lo svolgersi dei normali processi fisiologici di un'area urbana. E questo concetto lo si può verificare su esempi di tutte le dimensioni: senza prescindere da una giusta ed accurata valutazione dei costi e dei benefici, una linea tranviaria può rivelarsi redditizia già in contesti insediativi di 50mila abitanti.

Le rotaie sono geograficamente fisse e rappresentano un mezzo di trasporto costante, presente, affidabile. Una volta consolidata questo sistema, i suoi snodi costituiscono dei potenti catalizzatori della scena urbana; il luogo attorno a cui si concentrano servizi urbani, uffici e negozi.

Le stesse singole fermate diventano – proprio per la fissità della struttura di corsa – delle micro-piazze, nuovi punti di accesso in contesti urbani magari già saturi e degradati, che invitano la scena urbana adiacente a riflettersi, criticarsi, reinterpretarsi e migliorarsi.

La città deve crescere su sé stessa per migliorarsi, rendersi e rimanere competitiva come luogo di vita e come luogo della produzione.

Ma questo è il sarebbe, e per indagare meglio cosa invece sarà, è bene guardare a ciò che si sta facendo ora dell'Urbe: un ripetere con eccezionale perseveranza gli errori di sempre.

Notevole l'analisi svolta nell'articolo riportato, *Una città a misura della grande distribuzione*, di Paolo Berardini⁴⁸.

In otto anni a Roma sono stati aperti ventotto cluster commerciali: altri quattordici sono in corso di avanzata progettazione o di realizzazione.

Nessuna altra città del continente europeo – e poche altre al mondo – è stata sottoposta ad una così irresponsabile politica commerciale per numero e dimensioni di poli commerciali.

Roma - in un crescendo esponenziale – è stata colonizzata dai grandi monopoli della distribuzione internazionale esclusivamente tramite la costruzione di strutture di vendita per nulla integrate con il contesto urbano e disposte lungo gli unici corridoi romani della mobilità – e che la città stessa riconosce come tali - : le autostrade.

Questa follia è avvenuta soltanto a Roma – con un colpo di reni ante-litteram e controcorrente di emulazione della peggiore Los Angeles - perché la capitale ha decretato la morte dell'urbanistica e di ogni forma di programmazione.

Si è affermato che la città doveva diventare nel suo complesso “offerta di mercato”.

Oggi la città raccoglie i frutti di questa irresponsabile politica. I centri commerciali sono nati e nasceranno dovunque, sfruttando le infrastrutture stradali che esistono o che vengono finanziate con soldi pubblici proprio per mitigare gli effetti di quelle aperture. Lungo l'autostrada per Fiumicino per far funzionare i giganti del commercio nati nella zona di Ponte Galeria – oltre che la limitrofa nuova Fiera- sono stati realizzati chilometri di nuove corsie autostradali, nuovi svincoli e strade di scorrimento. Lungo il tratto urbano dell'autostrada per L'Aquila i centri commerciali aperti – per collegare uno di questi sono state aperti svincoli in una curva autostradale - si sta per realizzare una gigantesca viabilità complanare.

L'obiezione mossa dai più è che Roma ha approvato un nuovo piano regolatore e fa dunque parte dei comuni virtuosi che programmano il territorio. E da qui il discorso delle Nuove Centralità: quella struttura di centri di servizi per la comunità che il Nuovo Piano ha generosamente organizzato lungo la corona urbana che cinge la città compatta. Ma di quelle Centralità nel senso di cuori per Ville Nouvelles, o città nuove che varebbero dovuto tessere nuovi equilibri urbani nell'Area metropolitana romana nemmeno l'ombra.

Sono i quarantadue giganteschi centri commerciali a rappresentare la più clamorosa smentita di questa tesi: negli elaborati del nuovo piano non c'è una riga sul fatto che si voleva realizzare un così insostenibile numero di centri commerciali. Nessuno ha potuto mai vedere esplicitato questo folle disegno. Come sono stati dunque realizzati i grandi centri commerciali? Attraverso lo strumento dell'accordo di programma che, al riparo di ogni procedura trasparente, ha cambiato volta per volta le regole che il Consiglio Comunale tentava faticosamente di approvare.

Questo modo di procedere ha posto una incalcolabile ipoteca sul futuro della città. A vederli sulle foto satellitari, i centri commerciali realizzati sembrano infatti corpi alieni calati a forza sul tessuto della città. Non hanno alcuna relazione con i tessuti urbani circostanti e si caratterizzano per la enorme dimensione di fabbricati circondati da un mare di posti auto. Essi sono stati dunque pensati per l'automobile: a Roma si è disegnata la più insostenibile città dal punto di vista della mobilità. Anche questa prospettiva non era contenuta negli elaborati del piano regolatore, dove invece abbondava una vuota retorica sul “primato del trasporto su ferro”. Nei fatti si è invece condannata una città intera a dipendere dall'automobile per compiere anche le normali azioni quotidiane come fare la spesa. Ma non basta, perché in tempi brevi si produrrà anche una seconda gravissima conseguenza. Se si aprono grandi superfici commerciali che possono, come è ampiamente noto, praticare prezzi minori rispetto ai “normali” negozi di quartiere, è evidente che tra poco tempo chiuderà qualche migliaio di piccole botteghe. La Confcommercio stima in diecimila il numero dei negozi di vicinato che a Roma chiuderanno tra breve tempo i battenti. È del tutto evidente che la fascia di popolazione anziana, quella che ha le maggiori difficoltà nell'uso dell'automobile, subirà le maggiori conseguenze di questo inevitabile fenomeno. I responsabili dell'urbanistica romana nel loro delirio mercatistico non avevano pensato a questa prevedibilissima conseguenza mentre parlavano diffusamente della riqualificazione dell'immensa periferia romana? Tra non molto avremo periferie sempre più povere di funzioni e di complessità urbana. Più insicure e tristi.

E infine un ragionamento più generale che riguarda le caratteristiche delle derrate alimentari che arrivano sulla tavola dei romani. È nella logica delle imprese transnazionali privilegiare le produzioni provenienti dal proprio paese d'origine e da quelli con cui si sono instaurate convenienti relazioni economiche. Dietro a questo modello produttivo c'è un insostenibile modello di alimentazione: si privilegia la filiera lunga e si mettono in ginocchio le produzioni locali. Le derrate alimentari arrivano sulle nostre tavole dopo un impressionante tragitto che utilizza – anche in questo caso con costi sempre crescenti - il trasporto aereo.

La vicenda dei quarantadue giganti del commercio internazionale nati nell'ombra in questi anni sono la più evidente dimostrazione del fallimento del pensiero debole dell'urbanistica romana di questi anni. Mentre le altre città europee programmano .con tutti i limiti che ciò comporta - lo sviluppo del proprio territorio, a Roma con l'ossimoro del “pianificar facendo” si è tolto ogni freno alla speculazione fondiaria. Mentre nelle altre città europee il mondo sviluppato tenta di sostenere con adeguate politiche le produzioni alimentari di prossimità, tentando così di arginare i processi economici globalizzati, da noi il tanto “modello romano” ha guardato al passato ed ha prodotto un risultato di grave arretratezza culturale e urbana. E mentre nelle altre città d'Europa si tenta – sulla base di mirate politiche - di arginare il consumo di suolo agricolo, a Roma è stato compiuto il più grande sacco urbanistico della storia della città.

E non c'è all'orizzonte alcun barlume di ripensamento.

⁴⁸ Pubblicato il 5 luglio 2008 sul portale eddyburg.it. <http://eddyburg.it/article/articleview/11603/0/39/>



11. QUALITÀ DELL'ARIA E TRAFFICO

Già inserito in un contesto critico come quello europeo – caratterizzato da alte densità residenziali e attività industriali - il tasso di inquinamento atmosferico nelle città italiane risente di almeno quattro fattori aggravanti rispetto alle altre città del continente:

- forte preponderanza del trasporto privato sul trasporto pubblico;
- trasporto delle merci quasi esclusivamente su gomma;
- bassa concorrenzialità del vettore ferroviario;
- condizioni climatiche favorevoli al ristagno degli inquinanti come nel catino padano, o aggravanti come il trasporto delle sabbie dal bacino sahariano verso i litorali tirrenici.

L'inquinamento atmosferico può essere definito in base all'origine dei fenomeni che lo determinano, si possono quindi riscontrare cause naturali provocate da fumi, polveri e gas di diversa natura emessi da esalazioni naturali, decomposizioni, scariche elettriche, ceneri vulcaniche ed altro, oppure cause antropiche derivanti da attività dell'uomo, di natura sia industriale che civile.

Le principali sorgenti di natura industriale sono rappresentate da centrali termoelettriche, raffinerie di petrolio, cokerie, cementifici e inceneritori di rifiuti che emettono in maniera preponderante anidride solforosa (SO₂), anidride carbonica (CO₂), ossidi di azoto (NO_x), polveri sottili inalabili (PM₁₀) a cui possono essere adsorbiti metalli pesanti come ad esempio piombo, nichel, manganese, cromo, cobalto, palladio, platino, rodio e nano-particelle.

Le sorgenti di uso civile sono costituite dagli impianti di riscaldamento e dal traffico auto- e moto-veicolare, le cui emissioni sono rappresentate tra gli altri da benzene e PM₁₀.

L'inquinamento atmosferico nelle aree urbane è comunemente detto **smog**, parola derivante dalla fusione dei termini inglesi “smoke” (fumo) e “fog” (nebbia). Nell'analisi dei fenomeni di inquinamento si distinguono due tipi di smog con caratteristiche differenti: lo smog classico e lo smog fotochimico.

Lo **smog classico** è dovuto all'azione del biossido di zolfo e particolato nelle ore prossime all'alba in condizioni di bassa insolazione, bassa velocità del vento, temperatura prossima a 0 °C (stagione autunnale e invernale). Esso si forma per il ristagno nell'atmosfera delle particelle solide e dell'anidride solforosa prodotti dalla combustione, a seguito di condizioni meteorologiche favorevoli all'instaurarsi di fenomeni di inversione termica.

Lo **smog fotochimico** è dovuto invece all'azione di ossidi di azoto, ossido di carbonio, ozono ed altri composti organici volatili sotto l'azione della radiazione solare. Lo smog fotochimico si verifica in estate nelle ore centrali della giornata in presenza di alta insolazione, bassa velocità del vento, temperatura superiore a 18 °C. Le aree peninsulari così ancor più dell'area padana sono fortemente penalizzate nella stagione estiva essendo caratterizzate da condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli nei riguardi di quei processi favorevoli al fotosmog.

Rispetto allo smog classico quello fotochimico è caratterizzato da un'attività chimica molto più intensa e presenta una complessa catena di reazioni chimiche che hanno luogo sotto l'effetto della luce e che portano in modo particolare alla produzione di ozono. Lo stato fisico degli inquinanti di natura chimica è una condizione estremamente importante che va tenuta in considerazione in quanto da esso dipende l'assorbimento da parte dell'organismo con il quale il contaminante viene a contatto.

I contaminanti ambientali possono presentarsi in atmosfera a seconda delle loro caratteristiche fisiche sotto forma aeriforme (gas e vapori) o di aerosol (fumi, nebbie, smog, nuclei di condensazione e polveri). Inoltre, in base alla loro modalità di produzione, vengono definiti primari gli inquinanti che si ritrovano nell'atmosfera con la stessa composizione con cui sono stati emessi, a prescindere dall'origine da processi naturali o da fonti antropiche; secondari quelli che derivano da reazioni chimiche o fisiche e che risultano quindi modificate rispetto al loro stato di emissione.

Altra fonte di inquinamento urbano è il rumore (agente fisico), l'**inquinamento acustico** è infatti considerato uno dei problemi che si pongono con maggior urgenza nelle zone urbane ed è associato all'inquinamento chimico. Per inquinamento acustico si intende qualunque emissione sonora che provochi sull'uomo effetti indesiderabili, disturbanti o dannosi, o che determini un qualsiasi deterioramento qualitativo dell'ambiente.

Le principali fonti di inquinamento acustico in ambiente urbano sono rappresentate dal traffico automobilistico e da quello aereo, oltre a queste, le altre sorgenti di emissioni sono rappresentate dal trasporto ferroviario, dai lavori edili e stradali, dalle industrie ed dagli impianti tecnologici inseriti nel contesto urbano. L'intensità di tale sorgente rumorosa varia in relazione ad alcuni parametri del traffico, quali l'entità dei flussi, la velocità, la tipologia dei mezzi di trasporto e l'ambiente di propagazione. La presenza di un edificio molto denso proponendo una cortina più o meno continua capace di bloccare le onde sonore, crea un ambiente acustico difficile da caratterizzare e governare (si pensi alle rimostranze circa alcune nuove linee tranviarie come quella di Firenze o la vicenda del Minimetron di Perugia).

Garantire una qualità dell'aria soddisfacente in un'area urbana è un problema che, in assenza di interventi strutturali, si ripresenta puntuale con cadenze stagionali. L'impatto sulla salute dei cittadini è indiscutibile e altrettanto è l'onere che questa situazione scarica sui sistemi di prevenzione delle strutture sanitarie.

AL fine di aumentare la comprensibilità della tematica della qualità dell'aria e favorire la diffusione di ricerche e dati aggiornati può essere utile uno sguardo su quello che offre la rete, sia in termini di dati, sia di strumenti per l'elaborazione di strategie:

- **Air quality health impact assessment software AirQ2.2** - è un software di indagine epidemiologica messo a punto dall'Organizzazione Mondiale della Sanità per gli studi e le ricerche dell'impatto della qualità dell'aria sulla salute. AirQ, è disponibile gratuitamente e può essere applicato alle realtà cittadine locali. Gli operatori sanitari potranno utilizzarlo immettendo i dati relativi alla qualità dell'aria della propria città, ricavandone informazioni sui rischi per la salute.

http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_5

- Sempre dal sito dell'OMS sono accessibili molte altre informazioni sugli studi e sui dati più recenti sulla qualità dell'aria in Europa, nonché sull'evidenza scientifica della elevata patogenicità dell'inquinamento e in particolare di quello urbano.

http://www.euro.who.int/air/activities/20030528_2

- L'ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – già APAT, fornisce una panoramica completa dei siti di riferimento per le notizie aggiornate sui dati di qualità dell'aria.

http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l%27Ambiente/Dati_di_Qualita%27_dell%27aria/

http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l%27Ambiente/Dati_di_Qualita%27_dell%27aria/ListaCompleta.html

- La Banca Dati BRACE contiene le informazioni sulle reti, sulle stazioni e sui sensori di misura utilizzati per il monitoraggio della qualità dell'aria e i relativi dati di concentrazione degli inquinanti. Le informazioni, relative all'ambito territoriale nazionale, sono raccolte a livello locale dai Punti Focali Regionali e successivamente trasmesse all'APAT. BRACE nasce dalla necessità di adempiere a diverse esigenze dettate dalla normativa europea e nazionale in tema di qualità dell'aria.

<http://www.brace.sinanet.apat.it/web/struttura.html>

- A livello europeo molti sforzi sono stati concentrati nel programma Aphea (Air Pollution and Health - A European Approach), che ha raccolto gli sforzi di 11 gruppi di ricerca in 10 diversi paesi europei per studiare l'impatto dell'inquinamento atmosferico sugli oltre 25 milioni di persone che vivono in 15 città europee. A questo è seguito, nel 1998, Aphea2, che ha esteso le ricerche a 34 città. Aphea2 si è concluso lo scorso anno e i dati sono ora in corso di pubblicazione.

<http://ec.europa.eu/research/success/en/env/0267e.html>

- Per avere informazioni aggiornate sugli Usa, si può consultare il sito dell'Health Effects Institute, una organizzazione no-profit sostenuta dall'Epa, l'Agenzia governativa per la protezione ambientale statunitense, ricco di informazioni sui progetti tutt'ora attivi e i risultati di quelli già conclusi. Offre inoltre





una ricca pagina di link, dalla quale accedere, fra l'altro, a banche dati mondiali sugli effetti dell'inquinamento atmosferico.

- <http://www.healtheffects.org/>
- Degna di nota anche Pmra.org, una vasta banca dati, nata per sostenere gli sforzi del National Research Council Committee on Research Priorities for Airborne Particulate Matter. Al settembre 2008 la banca risulta non disponibile. Informazioni su report e ulteriori sviluppi si trovano sul sito dell'EPA.
- <http://www.epa.gov/pmresearch/topics.html>
- <http://www.epa.gov/ttn/amtic/amticpm.html>

La combinazione di due fattori: le condizioni atmosferiche e gli scarichi dei veicoli, innalza pericolosamente il livello delle polveri nell'aria, specie quelle molto fini, che non vengono fermate dalle mucose nasali e riescono a penetrare nell'organismo dalle vie respiratorie.

“Il maggiore impatto sulla salute è dato dal particolato più fine, inferiore a PM2.5, formato cioè da particelle con diametro inferiore a 2.5µm”, spiega Ennio Cadum, che all'Arpa del Piemonte si occupa di epidemiologia ambientale. “Le analisi fino qui effettuate hanno mostrato che i maggiori rischi arrivano dai veicoli diesel. Non solo quelli più vecchi, ma anche quelli di ultima produzione, perché nonostante assicurino una quantità totale di particolato emesso inferiore, questo è estremamente fine, quindi molto pericoloso”.

Un dato molto rilevante, specie nel nostro paese dove il trasporto delle merci avviene soprattutto su ruota, tramite grossi camion e tir dotati di motori diesel. *“In Italia la scelta del trasporto merci su ruota ha un impatto indiscutibile sulla qualità dell'aria. Basti pensare che, a parità di percorso effettuato, un motore eco-diesel emette particelle fini quanto 10 motori benzina catalizzati, mentre un motore diesel non-ecologico quanto 40 eco-diesel. Questo significa che un solo diesel non catalizzato pesa sul bilancio della presenza nell'aria di particolato più fine quanto 400 motori a benzina catalizzati”.*

Mentre si discute sulle misure da prendere per la gestione del traffico cittadino e la riduzione dell'impatto sulla salute, può essere interessante risalire ai dati e agli studi italiani più recenti sull'argomento.

A questo proposito uno dei lavori più completi è quello del MISA, relativo a una vasta metanalisi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico, pubblicati sulla rivista E&P – Epidemiologia & Prevenzione.

Lo studio MISA-2 è stato condotto grazie ai finanziamenti del Ministero della salute e del Ministero dell'Università e della ricerca scientifica e tecnologica. Il progetto è stato realizzato dalle numerose istituzioni (Università, Agenzie regionali per la protezione dell'ambiente, Aziende sanitarie e ospedaliere, Regioni e Comuni...), che hanno partecipato mettendo a disposizione le risorse umane e materiali indispensabili alla sua esecuzione.

Effetti stimati dell'inquinamento dell'aria sulla mortalità giornaliera e sui ricoveri ospedalieri derivante dagli studi APHEA2 e NMMAPS

Parametro	Studio	
	APHEA2	NMMAPS
Aumento dei decessi per un aumento di 10 g/m³ di PM10	0,6%	0,5%
(intervallo di confidenza 95%)	(0,4-0,8%)	(0,1-0,9%)
Aumento di patologie COPD (APHEA2: COPD + asma)	1,0%	1,5%
ricoveri ospedalieri di individui ultra-65enni per aumento di 10 g/m³ PM10		
(intervallo di confidenza 95%)	(0,4-1,5%)	(1,0- 1,9%)

COPD = Chronic obstructive pulmonary disease, Bronchite cronica e sua evoluzione in pneumopatia ostruttiva cronica.

Il MISA-2 è un ampliamento dello studio MISA-1, pubblicato su Epidemiologia & Prevenzione nel 2001, che aveva valutato l'impatto dell'inquinamento atmosferico in 8 città italiane nel corso degli anni Novanta.

Il MISA-2 ha ampliato a 15 il numero delle città (Bologna, Catania, Firenze, Genova, Mestre-Venezia, Milano, Napoli, Palermo, Pisa, Ravenna, Roma, Taranto, Torino, Trieste, Verona) e ha analizzato le serie giornaliere degli anni 1996-2002. Questa volta sono ben rappresentate anche le città del Sud (nel MISA-1 era compresa solo Palermo). Sono coperti dall'indagine 9.100.000 abitanti (censimento 2001). Sono stati analizzati 362.254 decessi e 794.528 ricoveri non programmati.

Lo studio Misa-1 è stato presentato da una lettera, inviata da Francesco Forastiere, segretario dell'Aie alle autorità sanitarie e ambientali del nostro Paese. Purtroppo fino ad oggi non sembra che quanto contenuto in quel messaggio sia stato preso seriamente in considerazione. La lettera è riportata integralmente nel box in fondo al capitolo.

Lo studio APHEA2 sulla mortalità ha riguardato una popolazione di oltre 43 milioni di cittadini europei di 29 città, seguiti per oltre 5 anni a partire dal 1995.

APHEA2 sui ricoveri ha riguardato 38 milioni di cittadini di 8 grandi aree urbane europee, seguiti per un periodo variabile dai 3 ai 9 anni a partire dalla seconda metà degli anni Novanta.

Lo studio NMMAPS sulla mortalità ha riguardato una popolazione di oltre 50 milioni di abitanti di 20 aree metropolitane negli USA, seguiti in modo continuato nel periodo 1987-1994.

NMMAPS sui ricoveri ha riguardato lo studio degli abitanti di 10 grandi aree metropolitane degli Stati Uniti, con un campione di 1.840.000 individui di oltre 65 anni d'età.

Per Roma dati interessanti si riscontrano – oltre che giornalmente sul sito dell'ARPA Lazio – nel rapporto ISTISAN 06/13 *“Stazione di rilevamento dell'Istituto Superiore di Sanità per lo studio della qualità dell'aria: anni 2003 e 2004”.*

Presso l'Istituto Superiore di Sanità è operante, dal 1978, una stazione di rilevamento per lo studio della qualità dell'aria; tale stazione è munita sia di analizzatori funzionanti in continuo che rilevano le concentrazioni degli inquinanti atmosferici sia di strumenti di prelievo che consentono di raccogliere campioni d'aria; questi ultimi vengono successivamente analizzati in laboratorio, al fine di ottenere informazioni relative ad inquinanti di particolare rilievo sanitario. In questo rapporto sono riportati i risultati di due anni di rilevamenti (2003-2004) relativi ai seguenti inquinanti: monossido di carbonio, ossidi di azoto, ozono, Composti Organici Volatili (COV) (alifatici, aromatici, carbonilici), materiale particolare aerodisperso (PM10, PM2,5, numero di particelle), metalli (cadmio, nichel, piombo) e semi-metalli (arsenico), Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA). Di ogni inquinante vengono descritte le caratteristiche generali, gli effetti sulla salute, la normativa vigente in Italia e quella emanata dall'Unione Europea, i risultati ottenuti nonché le loro valutazioni anche in rapporto alle indicazioni delle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

La stazione di rilevamento della qualità dell'aria ambiente dell'ISS è ubicata in zona semicentrale, al margine di una strada ampia, a libera circolazione. Essa può essere considerata una stazione “orientata al traffico”. Nella zona circolano mezzi pubblici sia su gomma a trazione diesel che su rotaia ad alimentazione elettrica; il traffico veicolare privato esistente, che rappresenta la fonte predominante di emissioni, è dovuto in larga parte agli utenti delle numerose strutture pubbliche site nelle vicinanze (ospedali, istituti di ricerca, università). Esiste inoltre un traffico di attraversamento diretto, da aree extraurbane e suburbane, verso il centro della città su grandi arterie stradali distanti circa 2 km. Sono stati stimati circa 25.000 passaggi al giorno tra mezzi leggeri e pesanti, sulla strada adiacente al sito (viale Regina Elena), con marcata riduzione dei flussi di traffico nel periodo estivo, in particolare nel mese di agosto, e nei giorni festivi.

Il sito non è soggetto direttamente a sorgenti emissive di origine industriale. Il parco auto nel 2003 era pari a 1.942.131 autovetture e 2.426.447 veicoli circolanti complessivi. Negli ultimi anni si è registrato un costante aumento del numero di autovetture circolanti a Roma (+40% dal 1985 al 2003). È in aumento anche il numero dei motoveicoli (+143% dal 1992 al 2003) e degli autocarri (+71,4% dal 1985 al 2003). Circa il 75% delle autovetture circolanti è alimentata a benzina; il 21% a gasolio e il rimanente 4% a GPL, metano o è dotata di motore ibrido o elettrico. Il parco veicolare adibito al trasporto merci con peso a pieno carico fino a 3,5 tonnellate circolante nel comune di Roma, ammontava per l'anno 2002 a poco meno di 125 mila unità (pari all'82% del totale dei mezzi adibiti al trasporto merci), di cui il 68% composto da autocarri ad alimentazione diesel e il 32% da autocarri a benzina. Il parco veicolare merci è cresciuto del 34% nel 2002 rispetto al 2000: i veicoli diesel hanno registrato un aumento del 18% (attestandosi sulle 84.400 unità),





mentre quelli a benzina hanno subito un incremento dell'86% (raggiungendo quota 40.500 unità). Gli autocarri di più recente concezione rispetto alle emissioni inquinanti rappresentavano al 2002 il 66% del totale dei veicoli fino a 3,5 tonnellate, ribaltando la ripartizione registrata nell'anno precedente. Nel corso degli ultimi anni si è registrato anche un forte incremento del consumo di gasolio e benzina mentre è rimasto praticamente stabile il consumo di GPL (211.000 tonnellate circa).



Fig. 105. Stazione di rilevamento della qualità dell'aria ambiente dell'ISS; sito orientato al traffico.

Nel corso degli ultimi anni l'amministrazione comunale ha adottato una serie di provvedimenti mirati alla limitazione della circolazione dei veicoli più inquinanti non rispondenti ai più recenti standard europei "EURO", finalizzati a ridurre l'inquinamento atmosferico da emissione dei veicoli a motore, attraverso l'istituzione di "Zone a traffico limitato" (ZTL) e "Fasce verdi". Contestualmente, è in vigore una disciplina che vieta il transito sull'intero territorio comunale ai veicoli non in regola con i controlli periodici obbligatori delle emissioni ("Bollino blu"). Altri interventi hanno riguardato la disciplina di accesso dei pullman turistici all'interno dell'area cittadina. Il 1° gennaio 2002, sull'intero territorio nazionale, è stata infine eliminata la benzina contenente additivi antidetonanti al piombo dalla rete di distribuzione.

Il bilancio tra fattori di pressione crescenti (quali l'incremento del numero di mezzi e di consumo di carburanti) e interventi atti a ridurre l'inquinamento, quali quelli citati, risulta di difficile analisi, in considerazione dei seguenti aspetti:

- elevata variabilità spazio - temporale delle concentrazioni misurate;
- ruolo dei fattori meteorologici sulle concentrazioni rivelate;
- ruolo del contributo delle sorgenti naturali ai livelli registrati;
- ruolo dei fenomeni di formazione di inquinanti secondari dovuti a reazioni chimiche che possono avvenire in atmosfera e che coinvolgono sia altri inquinanti emessi dalle stesse sorgenti, che inquinanti prodotti da sorgenti diverse o altre sostanze di origine naturale.

OZONO. Dai dati disponibili in letteratura si evidenzia un progressivo aumento delle concentrazioni troposferiche medie di ozono dagli anni '50 ad oggi e tale inquinante costituisce, per molte aree italiane, insieme al materiale particolare aerodisperso, uno dei più importanti fattori di degrado della qualità dell'aria.

Negli ultimi anni le concentrazioni di ozono a livello del suolo hanno superato i nuovi valori bersaglio indicati nella direttiva 2002/3/CE in molte città dell'Europa centrale e meridionale. Alcune proiezioni effettuate indicano, per il 2010, anno indicato nella citata direttiva per il conseguimento dei valori bersaglio, un possibile miglioramento dell'inquinamento ambientale da ozono, ma, anche in questa visione ottimistica, le soglie indicate dovrebbero comunque essere superate in vaste aree.

In molte città italiane si verificano costantemente numerosi episodi estivi di smog fotochimico, con superamenti dei valori limite previsti dalla normativa vigente, si rende quindi indispensabile programmare efficaci strategie di abbattimento delle emissioni degli inquinanti coinvolti, sulla base delle attuali conoscenze sui complessi processi di produzione e distruzione dell'ozono.

La stazione dell'ISS rileva le concentrazioni dell'inquinante dal 1983; i dati disponibili hanno permesso di evidenziare, nel sito in esame, l'andamento su un periodo abbastanza ampio, anche se, essendo l'ozono un inquinante fortemente legato, oltre che alla disponibilità e al rapporto tra i precursori, alle variazioni meteorologiche, per ottenere valide linee di tendenza occorrerebbe analizzare periodi più lunghi.

Descrizione	Parametro	Valore (µg/m ³)	Normativa
- valore limite, standard di qualità	- media di 1 ora (non più di una volta al mese)	200	DPR 203/1988
- livello di attenzione	- concentrazione media di 1 ora	180	DM 15/4/94
- livello di allarme	- concentrazione media di 1 ora	360	DM 15/4/94
- soglia di protezione per la salute umana	- media mobile di 8 ore	110	DM 16/5/96
- soglia di protezione per la vegetazione	- concentrazione media di 1 ora	200	DM 16/5/96
- soglia di protezione per la vegetazione	- concentrazione media di 24 ore	65	DM 16/5/96

Fig. 106. OZONO: valori limite e normativa di riferimento antecedenti il DL.vo n.183 del 21/05/2004.

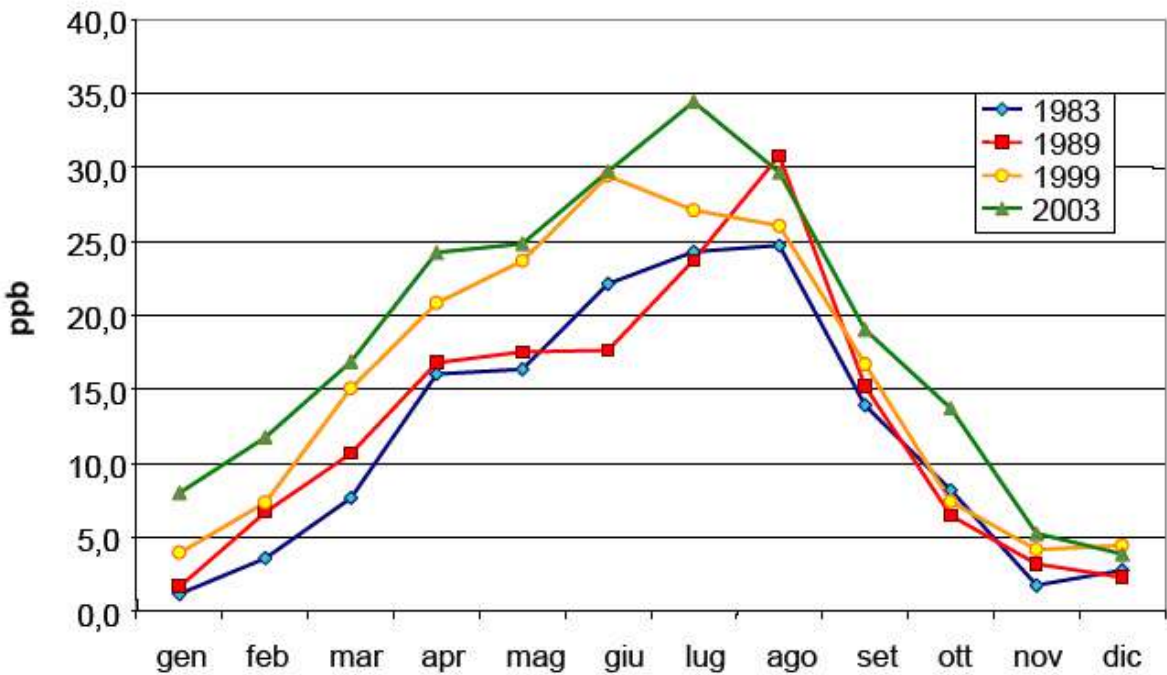


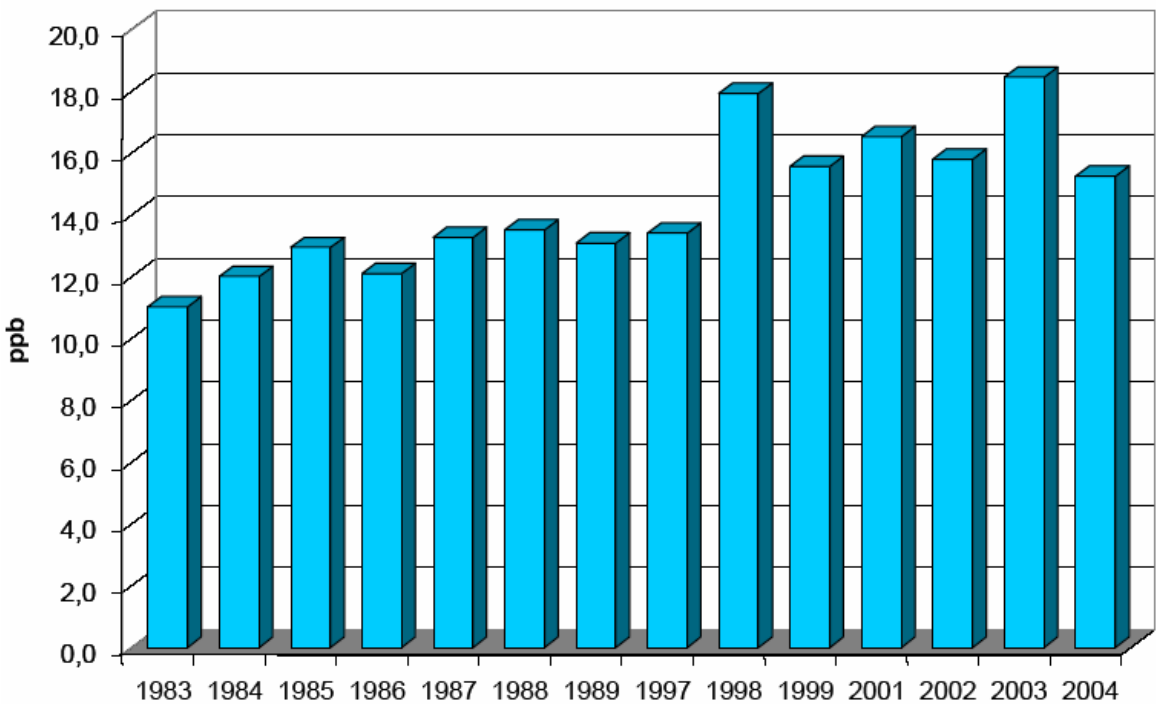
Fig. 107. OZONO: concentrazioni medie annuali (stazione di rilevamento della qualità dell'aria ISS).





In Europa le concentrazioni medie di ozono, a livello del suolo, sono progressivamente aumentate dal 1995 ad oggi; sono invece generalmente scese le concentrazioni massime. In Italia l'inquinamento da ozono costituisce uno dei principali fattori determinanti la cattiva qualità dell'aria ambiente. In molte città italiane, tra cui Roma, si verificano numerosi episodi estivi di smog fotochimico, con superamenti dei valori limite di ozono previsti dalla normativa vigente, ed è perciò necessario, al fine di salvaguardare la salute umana e degli ecosistemi, programmare efficaci strategie di contenimento di tale inquinante.

L'analisi della serie storica di dati registrati dalla stazione di rilevamento dell'ISS permette di evidenziare una tendenza all'aumento delle concentrazioni medie di ozono, nel sito in esame, dal 1983 ad oggi.



L'andamento evidenziato, anche se derivato dall'esame di un periodo abbastanza ampio, fornisce solo indicazioni parziali; l'ozono infatti è un inquinante fortemente legato, oltre che alla disponibilità e al rapporto tra i precursori, alle variazioni meteorologiche, e per ottenere linee di tendenza particolarmente significative, occorrerebbe analizzare periodi più lunghi. Eventuali variazioni dovute a mutamenti nelle emissioni dei precursori dell'ozono possono risultare infatti mascherate dalle condizioni meteorologiche che possono differire notevolmente da un anno all'altro.

A tale proposito, è tipico l'incremento della concentrazione media annuale che si è verificato nel 2003, causato prevalentemente dalle particolari condizioni climatiche che si sono avute in quel anno. Nel 2004 la concentrazione media si è all'incirca riportata sui valori medi degli anni precedenti.

Nei campionamenti è stata riscontrata oltre alla ben nota periodicità stagionale, una periodicità giornaliera con caratteristiche diverse tra periodi caldi, favorevoli alla produzione dell'inquinante, e periodi freddi. Nei mesi invernali è risultato infatti ben evidente, contrariamente a quanto avvenuto nei mesi caldi, il secondo picco giornaliero, quello cioè di minor entità, che si verifica nelle prime ore del giorno (ore 3-6). Si è inoltre osservata, più costante nei mesi invernali, una certa influenza legata al periodo del weekend, con concentrazioni dell'inquinante più elevate nei giorni festivi rispetto a quelli feriali. Tali periodicità stagionali e giornaliere sono risultate molto simili in tutto il periodo considerato.

Per ciò che riguarda gli episodi acuti si è rilevato un esiguo numero di superamenti del livello di attenzione; tale livello è stato superato mediamente in due giorni/anno nel periodo 1983-1989 e in 4 giorni per anno nel periodo 1998-2003. Più frequentemente si sono verificati il superamento del livello di protezione per la salute umana (31 giorni nel 2003) e il superamento del livello di protezione per la vegetazione (42 giorni nel 2003).

Va comunque rilevato che le concentrazioni di ozono sono generalmente maggiori nelle aree verdi e in zone extraurbane e suburbane con caratteristiche diverse rispetto all'area in esame. I valori riscontrati dalla

stazione di rilevamento della qualità dell'aria ISS non forniscono quindi indicazioni complete sull'andamento dell'inquinamento da ozono nell'area urbana di Roma, ma descrivono la situazione di una zona avente particolari caratteristiche. Tuttavia l'evidenziata tendenza al progressivo aumento delle concentrazioni ambienti di ozono e il verificarsi di numerosi episodi estivi di smog fotochimico, con superamenti dei valori limite previsti dalla normativa in vigore fino al 2004 e di quelli previsti dal D.lgs. 21/05/2004, rendono indispensabile, al fine di salvaguardare la salute umana e degli ecosistemi, programmare efficaci strategie di abbattimento delle emissioni dei precursori, sulla base delle attuali conoscenze sui complessi processi di produzione e distruzione dell'ozono.

STUDIO MISA: EFFETTO A BREVE TERMINE DELL'INQUINAMENTO SULLA SALUTE, CASO DI ROMA – PERIODO 1992-97

Lo studio sugli effetti acuti dell'inquinamento atmosferico sulla salute (mortalità e morbosità) nella città di Roma è stato condotto separatamente per i due periodi 1992-94 e 1995-97.

Il numero medio di decessi/giorno nei due periodi è stato di 56 morti, di cui 14 per cause respiratorie e 3 per cause cardiovascolari. Il numero medio di ricoveri/giorno osservati nel periodo 1995-97 è stato di 595 per cause respiratorie e di 43 per cause cardiovascolari.

Nel periodo in studio si osserva una progressiva diminuzione delle concentrazioni di anidride solforosa (SO₂), biossido di azoto (NO₂), monossido di carbonio (CO) e PM10. Il grafico dell'andamento del rischio di mortalità rispetto alla temperatura indica per entrambi i periodi un andamento a "V" con un minimo localizzato intorno ai 21°C.

I risultati evidenziano un effetto a breve termine dell'inquinamento sia sulla mortalità sia sui ricoveri ospedalieri, con effetti più marcati nel secondo periodo, nonostante la diminuzione dei livelli di inquinamento. Tali risultati pongono al centro dell'attenzione collettiva il contenimento delle emissioni inquinanti, la riduzione del traffico veicolare, la riorganizzazione delle politiche del trasporto urbano, come importanti problemi di salute pubblica.

Città	Pop.* (x 1000)	Periodo	MORTALITÀ			RICOVERI	
			Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	Cardiache	Respiratorie
			ICD-9 <800	ICD-9 390-459	ICD-9 460-519	ICD-9 390-429	ICD-9 460-519
Torino	962	91-94	21.3	9.5	1.2	-	-
		95-98	20.9	8.7	1.4	18.2	12.5
Milano	1369	90-94	28.6	11.4	1.9	34.0	15.8
		95-97	29.1	11.4	2.0	44.7	21.9
Verona	256	95-99	-	-	-	-	6.2
Ravenna	136	91-95	-	-	-	6.5	2.5
Bologna	404	96-98	12.1	4.9	0.9	11.7	7.3
Firenze	403	96-98	11.5	4.9	0.8	12.9	5.3
Roma	2775	92-94	56.4	23.0	3.0	-	-
		95-97	56.6	23.0	2.9	86.9	43.1
Palermo	699	97-99	14.1	5.6	0.9	31.1	29.3

Fig. 108. MISA 1990-1999. Numero medio giornaliero di decessi e ricoveri ospedalieri per città e periodo.





CITTA	Periodo in studio	SO ₂		NO ₂		CO		PM ₁₀ **		O ₃	
		µg/m ³		µg/m ³		mg/m ³		µg/m ³		µg/m ³	
		media		media		max media		media		max media	
		24 h		24 h		mobile 8h		24 h		mobile 8h	
		50°	95°	50°	95°	50°	95°	50°	95°	50°	95°
Torino	1991-1994	23.6	91.0	79.3	134.3	5.1	11.5	67.5	160.2	76.4	164.4
	1995-1998	13.8	43.7	71.9	119.1	3.7	7.9	58.1	123.8	60.3	153.4
Milano	1990-1994	22.8	131.2	97.6	180.8	5.4	11.4	54.8	118.7	-	-
	1995-1997	12.6	49.8	83.0	131.0	3.6	8.0	41.6	81.4	-	-
Verona	1995-1999	5.3	15.7	54.6	92.6	2.2	4.9	31.4	70.1	71.4	161.5
Ravenna	1991-1995	15.0	46.0	58.5	92.4	1.6	3.4	52.8	116.0	-	-
Bologna	1996-1998	6.7	22.1	58.6	94.2	1.9	5.6	36.5	79.4	73.6	159.7
Firenze	1996-1998	6.4	18.1	68.5	103.8	2.4	5.4	37.0	71.2	80.3	147.0
Roma	1992-1994	13.3	36.3	94.4	134.0	5.9	11.7	68.8	106.2	-	-
	1995-1997	7.6	18.6	85.4	112.7	4.9	9.5	51.7	79.6	-	-
Palermo	1997-1999	10.8	26.1	60.5	88.1	1.9	3.8	40.0	71.6	-	-

** PM₁₀ stimato utilizzando fattori di conversione

Fig. 109. MISA. Mediana e 95° percentile per ciascun inquinante nel periodo in studio.

L'interpretazione dei risultati della presente ricerca deve essere fatta alla luce dell'attendibilità e dei limiti dei metodi utilizzati. La metodologia utilizzata è appropriata per il disegno dello studio adottato, compreso il controllo dei fattori di confondimento. Le analisi sono state condotte separatamente per i cinque inquinanti considerati, date le difficoltà poste dalla loro collinearità. Si tratta comunque di un tipo di studio su dati aggregati e quindi di natura descrittiva, che non lascia dubbi sull'inquinamento atmosferico come sorgente di malattia, ma non consente di identificare più precisamente i singoli agenti nocivi e il meccanismo di azione del loro effetto tossico.

Ciononostante sono lecite alcune conclusioni. Considerando le città nel loro complesso, appare chiaro che all'aumentare delle concentrazioni aumenta la frequenza di tutti gli esiti considerati, mortalità e ricoveri, in misura non riconducibile a fluttuazioni casuali, con la sola eccezione del rapporto tra ozono e mortalità per cause respiratorie e/o ricoveri per cause cardiache.

Anni			Mortalità		Ricoveri		
			tutte le cause	Cause respiratorie	Cause cardiovasc.	Cause respiratorie	Cause cardiache
SO ₂	(lag 0-1)	95-99	Effetti fissi	2.4	5.1	2.7	2.2
				(1.5 – 3.3)	(1.7 – 8.7)	(1.2 – 4.1)	(1.3 – 3.1)
		95-99	Effetti casuali	2.4	5.1	2.8	2.4
				(1.5 – 3.3)	(1.7 – 8.7)	(1.2 – 4.3)	(1.1 – 3.6)
NO ₂	(lag 0-1)	95-99	Effetti fissi	2.9	5.2	3.8	4.5
				(2.1 – 3.8)	(2.0 – 8.5)	(2.5 – 5.1)	(3.7 – 5.3)
		95-99	Effetti casuali	2.9	5.1	3.8	4.5
				(2.1 – 3.8)	(1.5 – 8.9)	(2.5 – 5.1)	(3.7 – 5.3)
CO	(lag 0-1)	95-99	Effetti fissi	2.7	6.5	3.5	4.0
				(2.0 – 3.4)	(3.6 – 9.4)	(2.3 – 4.6)	(3.3 – 4.6)
		95-99	Effetti casuali	2.7	6.6	3.5	4.6
				(1.9 – 3.5)	(3.0 – 10.4)	(2.3 – 4.6)	(3.4 – 5.8)
PM ₁₀	(lag 0-1)	95-99	Effetti fissi	2.6	5.6	2.8	2.9
				(1.9 – 3.3)	(2.8 – 8.5)	(1.7 – 3.9)	(2.2 – 3.6)
		95-99	Effetti casuali	3.0	5.1	3.3	3.4
				(1.5 – 4.6)	(-1.8 – 12.4)	(1.4 – 5.2)	(2.1 – 4.8)

Fig. 110. MISA, 1995-1999. Stime globali ad effetti fissi e ad effetti casuali e intervalli di confidenza relativi all'effetto dell'inquinante sulla mortalità per tutte le cause naturali, per cause respiratorie e cardiovascolari e sui ricoveri per cause respiratorie e cardiache. I valori sono espressi in termini di variazioni percentuali associate ad un incremento dell'inquinante pari allo scarto interquartile medio osservato (SO₂:10,8 - NO₂: 25,0 - CO: 1,9 - PM₁₀: 23,5 mcg/mc ad eccezione del CO mg/mc). In corsivo quando il test di eterogeneità è risultato significativo al 5%.

Escludendo l'ozono, che considereremo in dettaglio successivamente, per un incremento delle concentrazioni degli inquinanti di 10 mg/m³ (1 mg/m³ per il CO) tutti gli esiti in studio presentano aumenti percentuali nel range 1-5%. Tale effetto è maggiore per le cause respiratorie, raggiungendo ad esempio 4,7% per mortalità e SO₂ e 4,2% per ricoveri e CO.

Gli effetti degli inquinanti si manifestano con un ritardo (lag) variabile a seconda dell'esito. Per la mortalità l'effetto ha luogo rapidamente. Per i ricoveri l'effetto si osserva precocemente ma non svanisce, anzi tende aumentare nei pochi giorni successivi. Per i ricoveri respiratori l'effetto è massimo nei 2-3 giorni successivi all'incremento dell'inquinante.

		MORTALITA'			RICOVERI	
		Naturali	Cardiovasc.	Respir.	Cardiache	Respir.
Periodo 1990-1994						
	<i>lag</i>				<i>lag</i>	
SO ₂	1-2	1.6	2.4	-0.2	0-3	
		(0.5,2.9)	(0.5,4.3)	(-5.3,5.1)		
NO ₂	1-2	1.7	1.6	-0.4	0-3	
		(1.2,2.3)	(0.8,2.5)	(-2.6,1.9)		
CO	1-2	0.4	0.6	-0.4	0-3	
		(-0.1,0.8)	(0.0,1.2)	(-2.6,1.9)		
PM ₁₀	0-1	0.5	0.6	1.0	0-3	
		(-0.1,1.0)	(-0.2,1.4)	(-3.2,1.2)		
Periodo 1995-1997						
	<i>lag</i>				<i>lag</i>	
SO ₂	1-2	3.6	7.3	6.5	0-3	4.3
		(1.3,6.0)	(3.8,10.9)	(-3.0,16.8)		(2.3,6.3)
NO ₂	1-2	1.4	2.0	4.0	0-3	2.5
		(0.7,2.0)	(1.1,3.0)	(1.1,6.8)		(1.9,3.1)
CO	1-2	1.0	1.3	3.1	0-3	3.0
		(0.4,1.5)	(0.5,2.2)	(0.8,5.4)		(2.4,3.5)
PM ₁₀	0-1	1.2	1.8	3.1	0-3	1.2
		(0.6,1.9)	(0.7,2.8)	(0.1,6.2)		(0.6,1.8)

Fig. 111. Stima della variazione percentuale (IC 95%) nel numero giornaliero di morti e ricoveri ospedalieri associata ad un incremento dell'inquinante pari a 10 mg/m³ (1 mg/m³ per CO), Roma 1992-1997.

La tabella indica che SO₂, NO₂, CO e PM₁₀ mostrano, per variazioni confrontabili nella concentrazione, effetti molto simili fra loro, particolarmente elevati per la mortalità per cause respiratorie. Per i ricoveri, NO₂ e CO mostrano gli effetti più pronunciati.

L'ozono, nel periodo estivo, nel presente studio è risultato associato in modo positivo con la mortalità totale e per cause cardiovascolari e con i ricoveri ospedalieri per cause respiratorie. La letteratura sugli effetti a breve termine dell'ozono – che include due recenti rassegne - è molto eterogenea in termini di disegno dello studio, di misurazione dell'esposizione e dell'esito di volta in volta considerato. Ciononostante, è emersa una coerenza di risultati, anche con quelli qui presentati, in quanto la maggior parte degli studi ha identificato un'associazione con la mortalità per tutte le cause e con i ricoveri per malattie respiratorie. La coerenza delle osservazioni è meno convincente per l'associazione con la mortalità per malattie cardiovascolari e ancora minore per l'associazione con la mortalità per malattie respiratorie e con i ricoveri per malattie cardiache. Gli studi più recenti documentano un effetto più evidente nella stagione calda. La difficoltà di mettere in evidenza un effetto dell'ozono nei mesi invernali potrebbe essere dovuto alla elevata correlazione inversa tra ozono e polveri fini in tale periodo dell'anno. Poco controverso appare in letteratura un effetto dell'ozono su particolari gruppi di popolazione, come i bambini, anche in studi italiani.



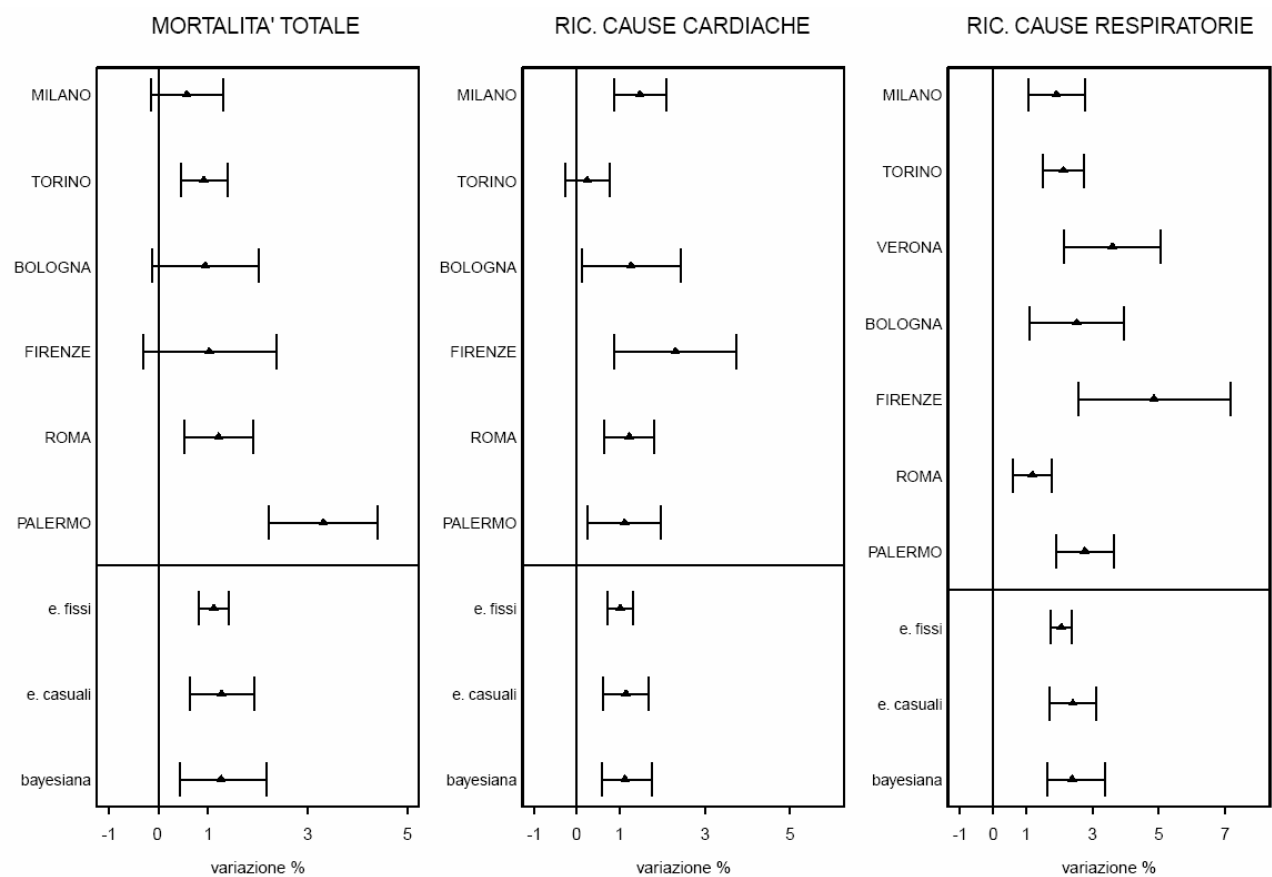


Fig. 112. MISA 1995-1999. Stime città-specifiche e stime globali a effetti fissi, a effetti casuali e bayesiane relative all'effetto del PM10 sulla mortalità per tutte le cause naturali e sui ricoveri ospedalieri per malattie cardiache e respiratorie. I valori sono espressi in termini di variazioni percentuali associate a un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m³ (1 mg per il CO). Per quanto riguarda la mortalità l'effetto è riferito al lag 0-1. Per quanto riguarda i ricoveri l'effetto è riferito al lag 0-3.

La relazione tra PM10 e mortalità è risultata più forte tra gli anziani, in particolare tra i soggetti con più di 75 anni, tra i quali la prevalenza di patologie croniche cardiache e respiratorie è più elevata. Ciò è in linea con l'ipotesi che vi siano gruppi di popolazione più suscettibili. In generale, gli effetti delle polveri sono più contenuti nei mesi invernali, mentre gli incrementi stimati durante l'estate sono assai pronunciati. L'osservazione è emersa già in studi precedenti anche italiani. Essa potrebbe essere dovuta ad uno o più dei seguenti motivi:

- Durante il periodo estivo, le concentrazioni atmosferiche di inquinanti rappresentano in modo più attendibile il livello di esposizione della popolazione perché, a causa del clima, le persone passano più tempo all'aperto, il ricambio d'aria nelle abitazioni è molto più elevato che d'inverno e l'esposizione agli inquinanti atmosferici è dunque maggiore.
- La miscela di inquinanti, di cui le polveri sono il tracciante, è particolarmente nociva nel periodo estivo. Si può ipotizzare una diversa composizione e dimensione delle particelle e una diversa combinazione tra particelle e gas, specie di natura ossidante come O₃ e NO₂.
- Esiste un'interazione, a livello di popolazione, tra l'effetto degli inquinanti ambientali e quello dell'aumento della temperatura.
- Durante il periodo estivo, aumenta la suscettibilità individuale agli effetti dell'inquinamento atmosferico (e la prevalenza di suscettibili nella popolazione): ad esempio, nei mesi estivi aumenta l'effetto delle polveri sul sistema di regolazione della viscosità plasmatica.
- Vi è una selettiva migrazione della popolazione dalle città durante il periodo estivo, con una maggiore permanenza degli anziani in condizioni di salute più compromesse.

Per ciascun inquinante e esito, la stima di effetti comuni per le città è tanto più attendibile quanto minore è l'eterogeneità tra città. I test statistici per l'eterogeneità non hanno fornito evidenza di eterogeneità fra le stime città-specifiche di numerosi effetti sulla mortalità, eccetto che per quelli del PM10. Invece, per i ricoveri, le stime appaiono quasi tutte eterogenee. È possibile che i dati sui ricoveri siano soggetti a differenze di qualità e completezza da città a città, più di quelli di mortalità. In ogni caso, molte combinazioni città-specifiche tra inquinanti ed esiti suggeriscono effetti maggiori per le città del centro-sud rispetto a quelle del nord, a volte secondo un marcato gradiente nord-sud. Un buon esempio è il rapporto PM10-mortalità totale. Dato che i rischi stimati per le città del nord sono più in linea con quelli stimati in altre città nord-europee, si può formulare l'ipotesi che fattori di tipo climatico e/o sociale o demografico, rendano gli effetti dell'inquinamento più marcati nelle città del centro-sud.

Per quanto riguarda il PM10, i maggiori modificatori di effetto sulla mortalità sono il tasso di mortalità e, in minor misura, l'indice di deprivazione. Questo suggerisce una maggiore vulnerabilità delle popolazioni più esposte ad altri fattori di rischio, ad esempio il fumo di sigaretta. L'indice di deprivazione modifica anche l'effetto del PM10 sui ricoveri per malattie respiratorie, mentre l'effetto sui ricoveri per malattie cardiache è modificato in modo significativo soltanto dal rapporto NO₂/PM10. E' possibile che l'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico sia maggiore nelle città in cui il traffico veicolare, specialmente da veicoli diesel, rappresenta la sorgente più importante delle concentrazioni complessive di particolato (come riflesso dal rapporto NO₂/PM10).



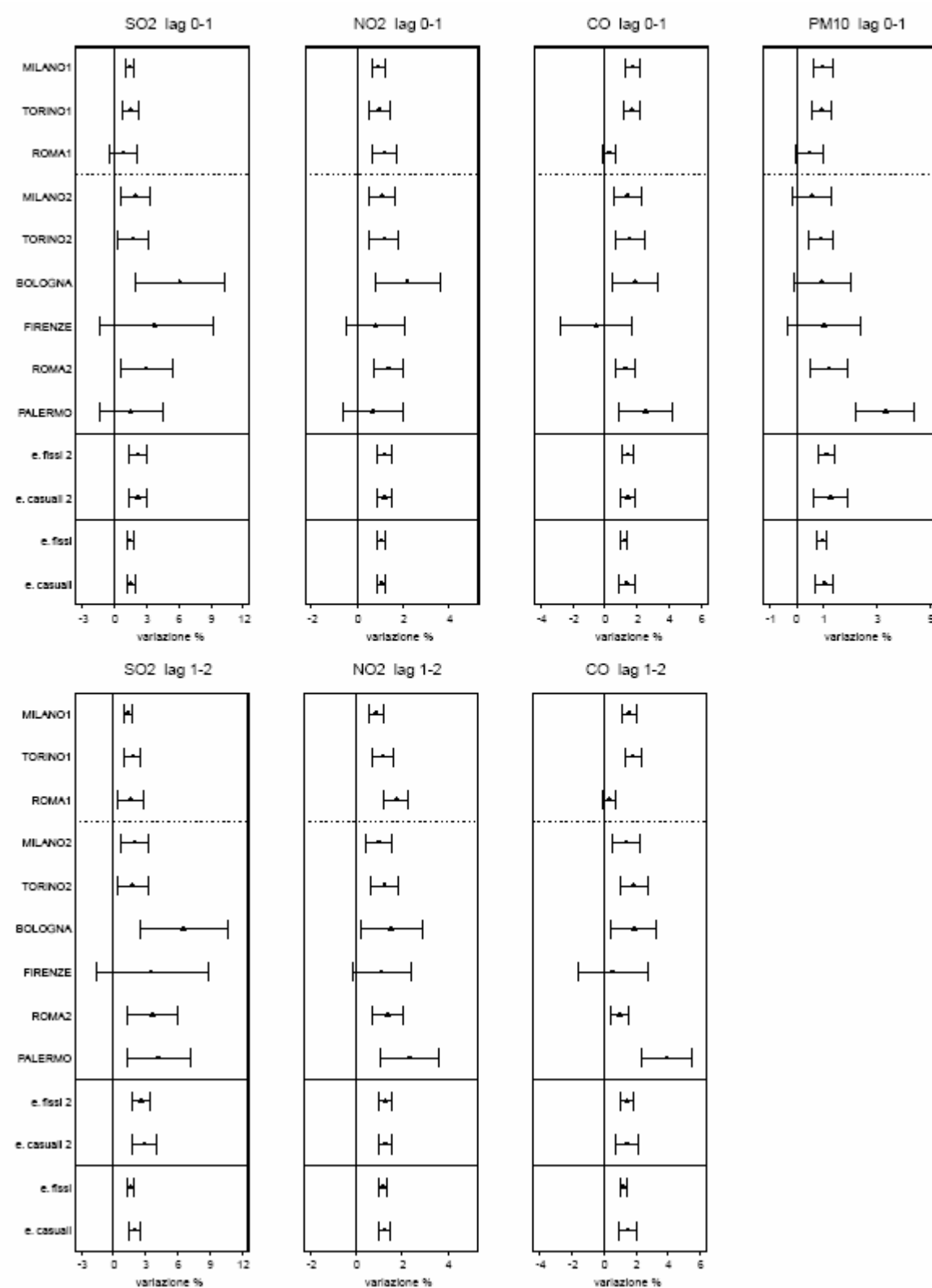


Fig. 113. MISA 1990-1999. Stime città-specifiche e stime globali a effetti fissi e a effetti casuali e intervalli di confidenza relativi all'effetto dell'inquinante sulla mortalità per tutte le cause naturali. I valori sono espressi in termini di variazioni percentuali associate a un incremento dell'inquinante pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 mg per il CO). 1 si riferisce al primo periodo (1990-94) e 2 al secondo (1995-98), dove non specificato all'intero periodo. Nella prima riga i grafici relativi ai lag 0-1, nella seconda lag 1-2.

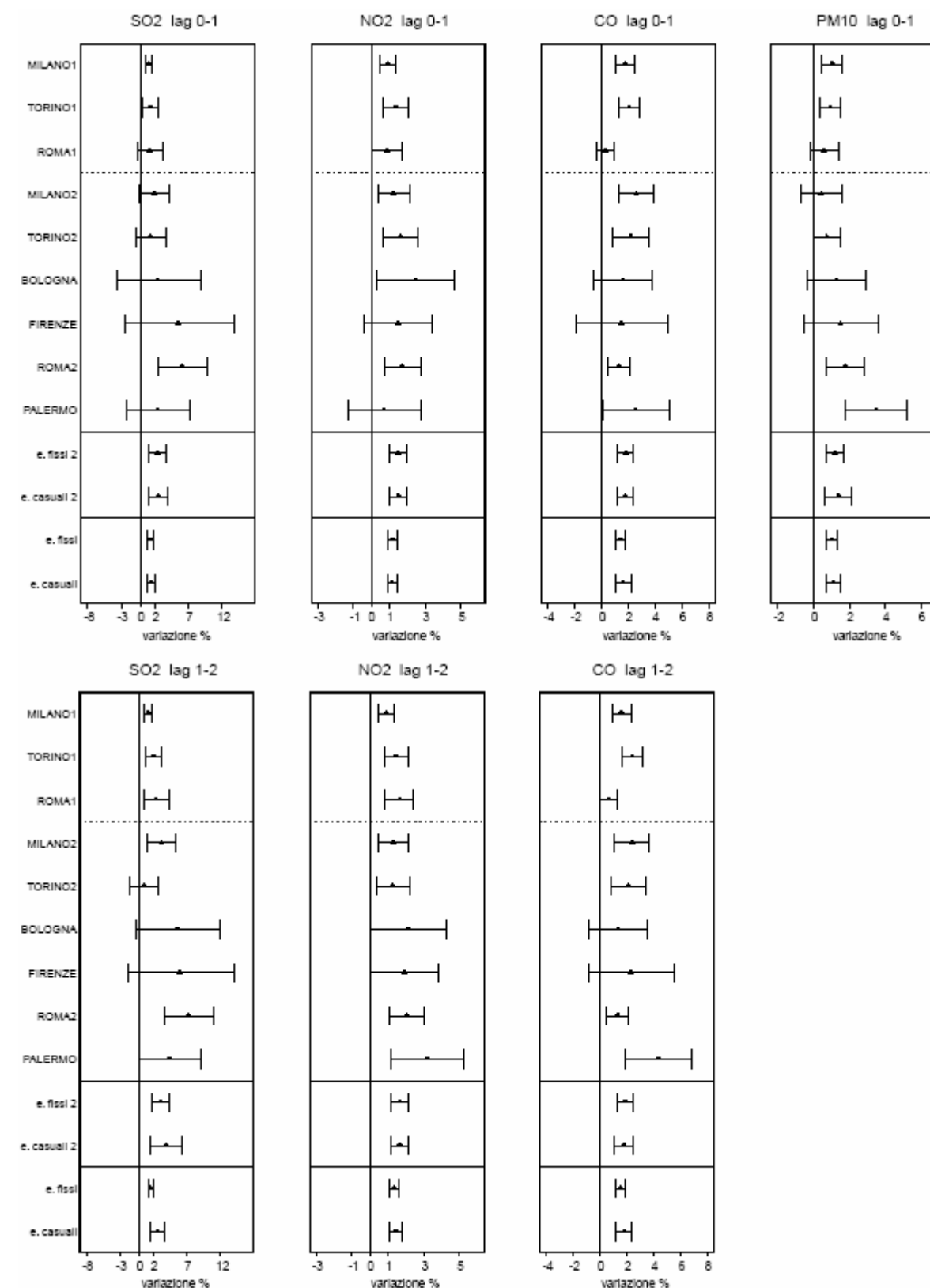


Fig. 114. MISA 1990-1999. Stime città-specifiche e stime globali a effetti fissi e a effetti casuali e intervalli di confidenza relativi all'effetto dell'inquinante sulla mortalità per malattie cardiovascolari. I valori sono espressi in termini di variazioni percentuali associate a un incremento dell'inquinante pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 mg per il CO). 1 si riferisce al primo periodo (1990-94) e 2 al secondo (1995-98), dove non specificato all'intero periodo. Nella prima riga i grafici relativi ai lag 0-1, nella seconda lag 1-2.

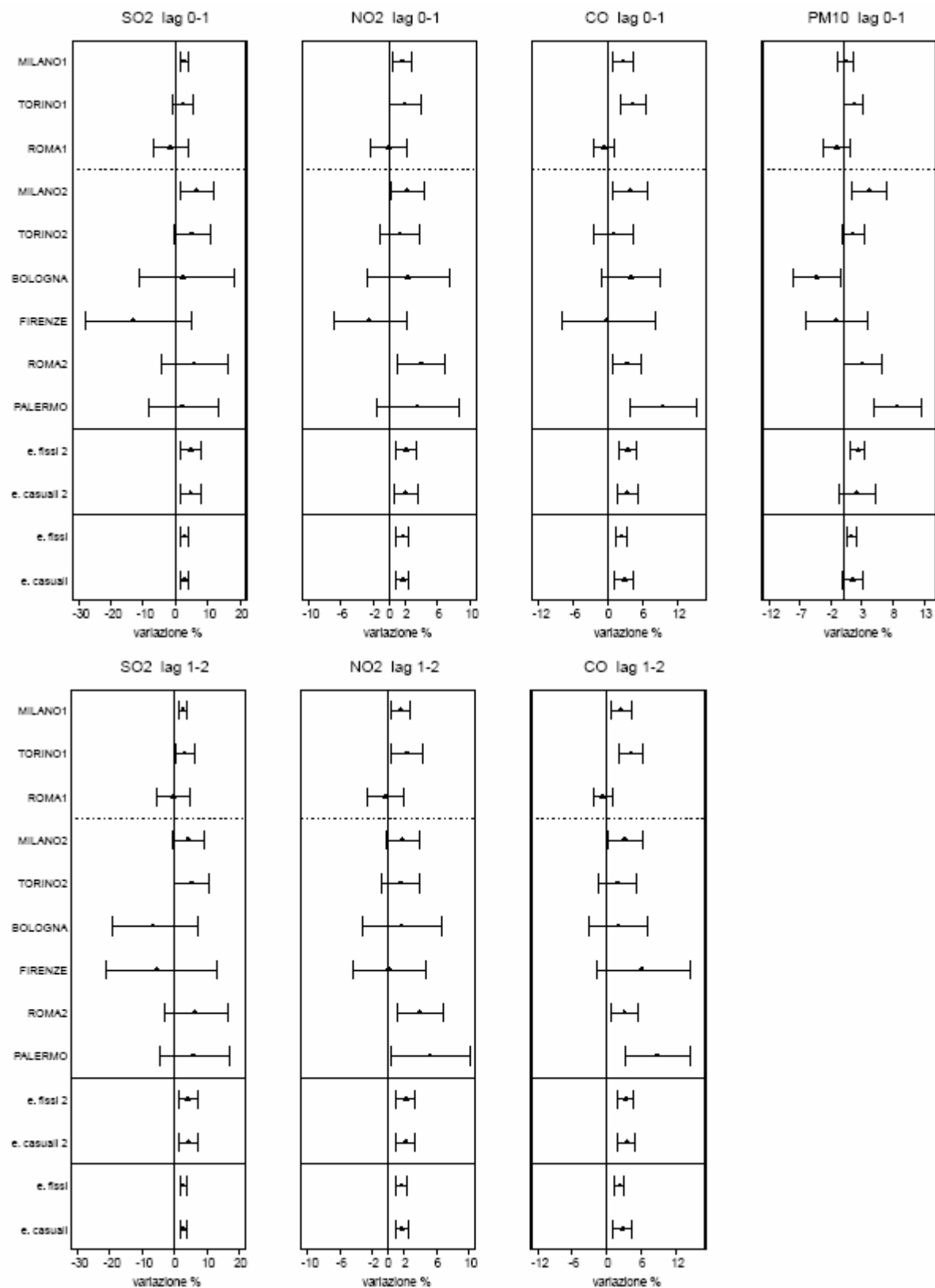


Fig. 115. MISA 1990-1999. Stime città-specifiche e stime globali ad effetti fissi e ad effetti casuali e intervalli di confidenza relativi all'effetto dell'inquinante sulla mortalità per malattie respiratorie. I valori sono espressi in termini di variazioni percentuali associate a un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m³ (1 mg per il CO). 1 si riferisce al primo periodo (90-94) e 2 al secondo (1995-98), dove non specificato all'intero periodo. Nella prima riga i grafici relativi ai lag 0-1, nella seconda lag 1-2.

RISULTATI SALIENTI

- a livello aggregato, si è osservata una associazione statisticamente significativa fra ciascuno degli inquinanti studiati e ciascuno degli indicatori sanitari considerati. Fa eccezione l'ozono, che non è risultato associato con la mortalità per cause respiratorie e con i ricoveri per patologie cardiovascolari;
- le stime di rischio sono più elevate per gli esiti (mortalità, ricoveri) respiratori che per quelli cardiache;
- l'effetto dell'inquinamento sulla salute è precoce, ma diluito in un arco temporale di qualche giorno (almeno fino a tre);
- gli effetti sono più pronunciati in estate che in inverno.

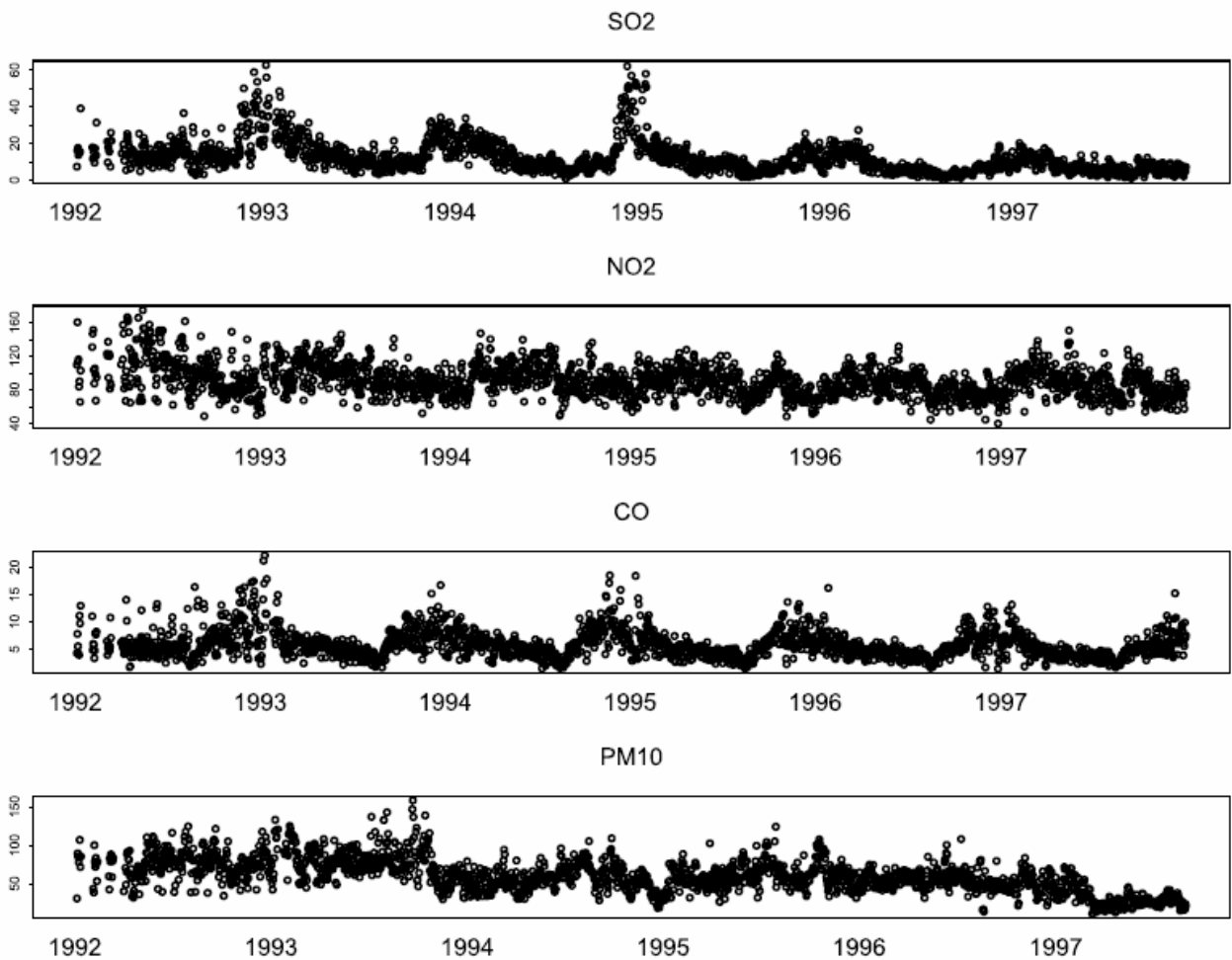


Fig. 116. Serie storiche della concentrazione di SO₂ , NO₂ , CO e PM₁₀, Roma 1992-1997.



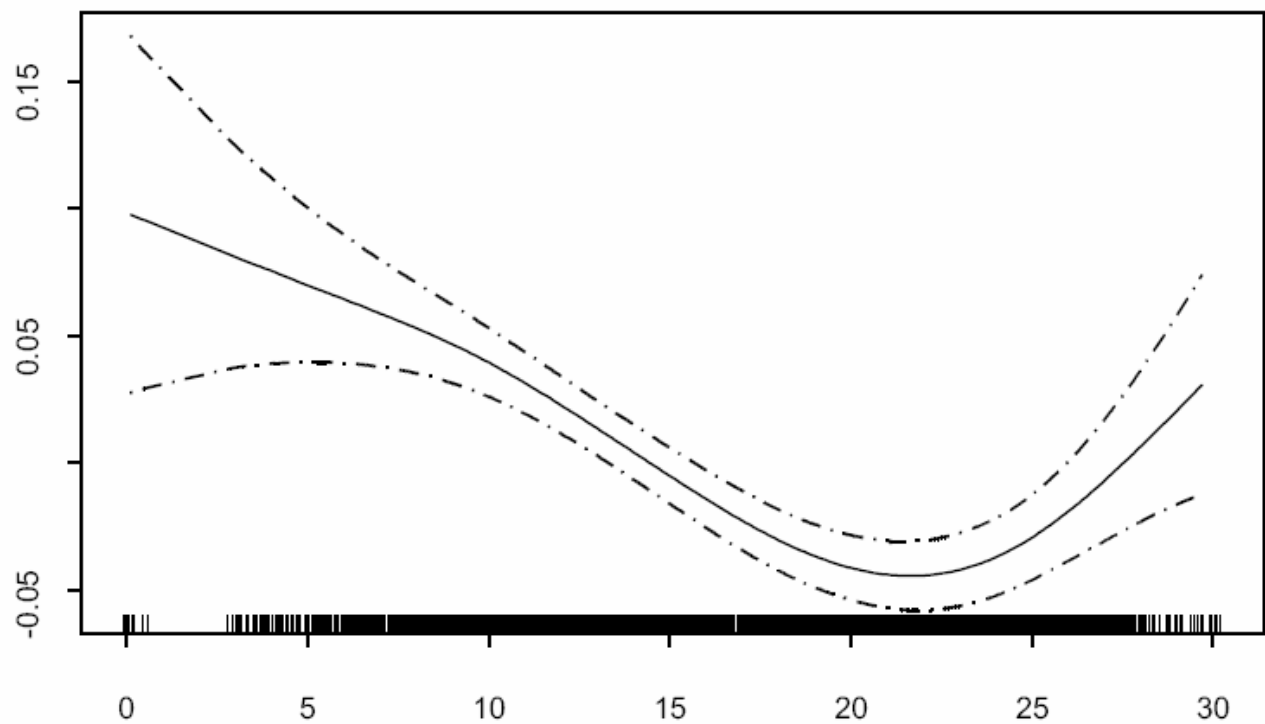


Fig. 117. Relazione tra temperatura del giorno stesso e mortalità totale. Roma 1995-1997.

MORTALITÀ					RICOVERI		
	lag	Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	lag	Cardiache	Respiratorie
PERIODO 1990-1994							
SO ₂	1-2	1.6 (0.5 , 2.9)	2.4 (0.5 , 4.3)	-0.2 (-5.3, 5.1)	0-3		
NO ₂	1-2	1.7 (1.2 , 2.3)	1.6 (0.8 , 2.5)	-0.4 (-2.6, 1.9)	0-3		
CO	1-2	0.4 (-0.1 , 0.8)	0.6 (0.0 , 1.2)	-0.4 (-2.6, 1.9)	0-3		
PM ₁₀	0-1	0.5 (-0.1 , 1.0)	0.6 (-0.2 , 1.4)	1.0 (-3.2, 1.2)	0-3		
PERIODO 1995-1997							
SO ₂	1-2	3.6 (1.3 , 6.0)	7.3 (3.8,10.9)	6.5 (-3.0,16.8)	0-3	4.3(2.3 , 6.3)	1.4(-0.6 , 3.3)
NO ₂	1-2	1.4 (0.7 , 2.0)	2.0 (1.1 , 3.0)	4.0 (1.1, 6.8)	0-3	2.5(1.9 , 3.1)	1.9(1.4 , 2.5)
CO	1-2	1.0 (0.4 , 1.5)	1.3 (0.5 , 2.2)	3.1 (0.8, 5.4)	0-3	3.0(2.4 , 3.5)	2.2(1.7 , 2.7)
PM ₁₀	0-1	1.2 (0.6 , 1.9)	1.8 (0.7 , 2.8)	3.1 (0.1, 6.2)	0-3	1.2(0.6 , 1.8)	1.2(0.6 , 1.8)

Fig. 118. Stima della variazione percentuale (IC 95%) nel numero giornaliero di morti e ricoveri ospedalieri associata ad un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m³ (1 mg/m³ per CO), Roma 1992-1997.

OMS: IMPATTO SANITARIO DEL PM10 E DELL'OZONO IN 13 CITTÀ ITALIANE

Nel 2006 l'Italia è sotto la lente d'ingrandimento di un nuovo studio Impatto sanitario del PM10 e dell'ozono in 13 città italiane condotto dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) Ufficio Regionale per l'Europa per conto dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (APAT) e presentato a Roma il 15 giugno 2006 in occasione del seminario di sanità pubblica su inquinamento atmosferico, traffico urbano ed effetti sulla salute. **13 città italiane di oltre 200mila abitanti: Torino, Genova, Milano, Trieste, Padova, Venezia-Mestre, Verona, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Catania, Palermo, sono sotto osservazione, il che equivale a circa 9 milioni di persone pari al 16% del totale della popolazione nazionale.**

Lo studio stima le morti e le malattie dovute al PM10 e all'ozono evidenziando così le implicazioni di possibili politiche che assicurino alle città aria di qualità. "L'impatto sanitario del PM e dell'ozono rappresenta un problema di sanità pubblica considerevole", afferma Roberto Bertollini, Direttore Salute ed Ambiente OMS Europa. "Continuiamo a sopportare un pesante fardello su individui e famiglie, con morti premature e malattie croniche ed acute; sulle nostre società, con la diminuzione dell'attesa di vita e della capacità produttiva; ed infine sui sistemi sanitari in termini di costi di migliaia di ricoveri ospedalieri".

Il Rapporto APAT sulla Qualità dell'Ambiente Urbano evidenzia come il PM10 emesso dal trasporto su strada rappresenta la principale fonte di emissione di particolato nelle aree metropolitane italiane. Se a questo si aggiunge che i trasporti su strada sono anche responsabili delle maggiori quote di precursori di particolato secondario, quali ossidi di azoto e composti organici volatili, si capisce l'importanza di efficaci politiche per la riduzione delle emissioni da traffico nelle aree urbane.

I nuovi risultati indicano che l'impatto sanitario è considerevole e sono in linea con quelli ottenuti in valutazioni simili in altre parti d'Europa. Si riferiscono in particolare alla mortalità per effetti a lungo termine attribuibile alle concentrazioni di PM10 superiori ai 20 µg/m³, limite che la direttiva comunitaria 99/30/EC ha indicato per il 2010, anche proposto dalle linee guida sulla qualità dell'aria dell'OMS appena revisionate.

Tra il 2002 e il 2004, una media di 8.220 morti l'anno sono dovute agli effetti a lungo termine delle concentrazioni di PM10 superiori ai 20 µg/m³, il che equivale al 9% della mortalità negli over 30 per tutte le cause esclusi gli incidenti stradali.

Le nuove conoscenze disponibili sugli effetti sanitari del PM10 consentono di **scomporre l'impatto della mortalità per gli effetti cronici oltre i 20 µg/m³ in cancro al polmone (742 casi/anno), infarto (2.562), ictus (329).** Anche per le malattie i numeri sono elevati ed includono bronchiti, asma, sintomi respiratori in bambini e adulti, ricoveri ospedalieri per malattie cardiache e respiratorie che determinano perdita di giorni di lavoro.

Lo studio si estende anche all'impatto dell'ozono. L'ozono si sta delineando sempre più come un inquinante pericoloso, soprattutto in Europa meridionale. Le concentrazioni sono in aumento e gli effetti sulla salute maggiormente consolidati. **Si stima che abbia un impatto annuale di 516 morti nelle città italiane, che si aggiungono a quelle dovute al PM.**

La metodologia applicata combina quattro fattori principali: dati demografici, sanitari ed ambientali ed evidenze scientifiche. In particolare, l'uso dei dati ambientali più recenti e delle evidenze scientifiche più aggiornate (aumento del rischio sanitario all'aumentare delle concentrazioni di inquinanti) affina le valutazioni dell'impatto sulla salute precedentemente effettuate.

Le stime più recenti rafforzano la necessità di un'azione immediata per ridurre gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute nelle 13 città esaminate, e probabilmente in molte altre in Italia ed in Europa. Il rispetto della legislazione comunitaria produrrebbe un sostanziale risparmio in termini di malattia, per questo è fondamentale che i limiti del PM10 non siano rilassati, ma osservati prontamente. L'Italia è solo uno dei paesi europei in cui questo potrebbe rappresentare una sfida impegnativa. Nel 2005 in Italia molte delle città principali avevano raggiunto i 35 giorni di eccedenza dei 50 µg/m³ già alla fine di marzo e poche avevano rispettato i limiti annuali di 40 µg/m³. A livello europeo, le concentrazioni diminuite sostanzialmente tra il 1997 e il 1999, sono gradualmente risalite più di recente.



Un'azione politica che affronti il problema del traffico appare necessaria e appropriata. I veicoli motorizzati rappresentano la principale fonte urbana di inquinamento: un sostanziale guadagno in salute può essere ottenuto grazie a politiche che mirino al contenimento delle emissioni da trasporto privato motorizzato e promuovano il trasporto pubblico, la pratica di camminare ed andare in bicicletta. Nelle città italiane un'attenzione particolare dovrebbe essere dedicata all'inquinamento provocato dai ciclomotori, in particolare quelli con il motore a due tempi.

L'azione nel campo del trasporto è indicata anche in considerazione dei suoi effetti collaterali. Le restrizioni al traffico motorizzato privato ridurrebbero anche il danno alla salute provocato dagli incidenti stradali, dall'esposizione al rumore, dall'inattività fisica e dagli effetti psicosociali. Ad esempio, nel caso degli incidenti stradali, gli esiti fatali registrati tra i residenti delle 13 città italiane sono in media della stessa portata dell'impatto a breve termine del PM10.

Quantificare l'impatto sanitario di politiche ad ampio respiro è alla base dello sviluppo di misure efficaci rivolte alla salute e all'ambiente. Il nuovo studio effettuato in Italia dà il via alla valutazione di molteplici esiti sanitari dell'inquinamento atmosferico e costituisce la base della valutazione di politiche integrate a livello locale e nazionale per raggiungere concentrazioni di PM più sicure per la nostra salute. Riprodotto in altri paesi, fornirebbe utili basi conoscitive a supporto di politiche orientate al miglioramento della qualità della vita in molte città europee.

L'associazione tra inquinamento atmosferico ed effetti dannosi per la salute umana, in termini di mortalità o morbosità, è stata messa in luce in occasione di vari episodi di grave inquinamento ambientale (nella Valle della Mosa nel 1930, a Donora nel 1948, a Londra nel 1952 e nel 1962). L'acquisizione di risultati di osservazioni epidemiologiche, unitamente a conoscenze sui meccanismi biologici relativi a tali effetti, ha portato a misure di contenimento e controllo dell'inquinamento atmosferico in vari paesi. In Italia la prima legge sull'argomento, del 1966 (n. 615), riguarda le emissioni atmosferiche da impianti industriali, mentre è del 1983 il primo provvedimento concernente i «limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi a inquinanti dell'aria e dell'ambiente esterno» (DPCM 28.03.1983).

Nell'ultimo decennio, la disponibilità sempre maggiore di statistiche correnti di mortalità e morbosità e della composizione dell'aria, nonché la disponibilità di strumentazione e di procedure di analisi sempre più sofisticate hanno permesso studi sugli effetti a breve termine dei livelli di inquinamento atmosferico nei centri urbani, anche a basse concentrazioni. Questi studi, pubblicati negli anni novanta, sono stati oggetto di diverse rassegne sistematiche, e hanno portato a interventi di sanità pubblica (per esempio i nuovi criteri di qualità dell'aria dell'EPA – l'ente americano per la protezione ambientale – pubblicati nel 1996). Propriamente, parlare di effetti degli inquinanti implica un riconoscimento della natura causale dell'associazione, che ancora non è chiarita in tutti i suoi risvolti.

Un'ampia serie di studi ha dimostrato una relazione tra mortalità per cause naturali e diversi indicatori di inquinamento atmosferico. Sussistono tuttavia incertezze su quali siano gli inquinanti che determinano l'eccesso di morti, e su come agiscano. Molta attenzione si è concentrata sul **particolato atmosferico (le polveri sospese)**. Nel 1977, un gruppo di esperti, a San Juan in Puerto Rico, esaminò le evidenze scientifiche, specie epidemiologiche, per definire standard per il particolato in presenza di altri inquinanti, al di sotto dei quali gli effetti sulla salute avrebbero dovuto essere pressoché nulli.

Il particolato è un inquinante complesso sui cui effetti vi era dibattito, come vi è tutt'oggi, trattandosi non di un'entità chimico-fisica ben definita ma di una miscela di sostanze organiche e inorganiche in forma solida, che possono penetrare più o meno in profondità nell'albero respiratorio a seconda della dimensione delle particelle stesse. Allora si concluse che effetti del particolato dannosi per la salute umana erano ben documentati alle alte concentrazioni, mentre mancava l'evidenza di effetti a breve termine sulla mortalità per i livelli registrati in città quali Londra e New York. Non si escludeva, comunque, un effetto in soggetti vulnerabili, quali gli anziani e le persone con malattie respiratorie.

Negli anni successivi vennero effettuati, specialmente negli Stati Uniti, vari studi di serie temporali, cioè studi epidemiologici attraverso i quali viene valutata la presenza di una relazione tra la concentrazione giornaliera degli inquinanti atmosferici e la frequenza nello stesso giorno e nei giorni immediatamente successivi di eventi sanitari (quali i decessi, in particolare per malattie cardiovascolari e respiratorie). Nel 1994, Schwartz condusse una metanalisi di 13 studi di serie temporali, 10 condotti su dati di città statunitensi e 3 in città europee (uno era quello sullo storico episodio di smog a Londra del 1952): tutti gli studi mostravano una

correlazione tra livelli di inquinamento da particolato e mortalità giornaliera, nonostante i cambiamenti qualitativi di questo inquinante avvenuti nel corso del tempo.

Le concentrazioni medie giornaliere di particolato variavano da 2.000 µg/m³ a Londra nel 1952 a 56 µg/m³ a St. Louis alla fine degli anni ottanta. Negli anni cinquanta tale inquinante derivava principalmente dalla combustione del carbone in impianti di riscaldamento, mentre in anni più recenti la sorgente principale era rappresentata dalla combustione di prodotti petroliferi usati sia per il riscaldamento sia per il trasporto. Schwartz calcolò un rischio relativo combinato di 1,06 (IC 95%: 1,05-1,07) per ogni 100 µg/m³ di incremento della concentrazione di particelle totali sospese. Altri inquinanti, biossido di zolfo (SO₂) e ozono (O₃), e fattori climatici (quali la temperatura e l'umidità) non risultarono confondere l'associazione. Questa metanalisi confermava e migliorava la stima di un incremento di 1% per ogni 10 µg/m³ di particolato fornita da Dockery e Pope nel 19943 e successivamente aggiornata da Pope et al. nel 1995.

Samet, criticò l'attenzione data a questo specifico inquinante (e le misure di controllo conseguentemente proposte), in quanto si trascuravano le possibili fonti e i possibili altri inquinanti presenti. Ad avvalorare tale affermazione citava i risultati ottenuti da diversi autori analizzando i dati di una stessa città, Philadelphia. Schwartz e Dockery avevano evidenziato, a partire dai dati 1973-80, un effetto del particolato; Moolgavkar et al., a partire dai dati 1973-88 avevano invece evidenziato un effetto dell'ozono in estate e del biossido di zolfo in primavera, autunno e inverno, e nessun effetto per il particolato. Li et al., a partire dai dati 1973-90, utilizzando vari modelli di analisi avevano ottenuto risultati non univoci, e senza sbilanciarsi sull'uno o sull'altro, suggerivano per gli studi futuri di utilizzare solo modelli di analisi che riflettessero meglio i meccanismi biologici conosciuti.

Kelsall et al. ebbero il pregio di essere i primi a porsi il problema della possibile azione confondente e di modificatore di effetto da parte dell'età: applicando gli opportuni modelli di analisi formale, tuttavia, finirono per confermare l'associazione tra particolato e mortalità.

Nel 1996, Moolgavkar e Luebeck, in una revisione di 8 studi, sollevarono il problema del possibile confondimento da parte degli altri inquinanti e della modificazione di effetto legata alla stagionalità. Secondo questi autori, l'inferenza causale sugli effetti netti di un particolare inquinante appariva problematica in assenza di informazioni adeguate sul meccanismo d'azione.

Nel 1996 furono anche pubblicati i risultati del primo studio APHEA (Air Pollution and Health: a European Approach) che coinvolse, a cavallo del 1990, 15 città europee (Amsterdam, Atene, Barcellona, Bratislava, Colonia, Cracovia, Helsinki, Lione, Lodz, Londra, Milano, Parigi, Poznan, Rotterdam, Breslavia), caratterizzate da condizioni climatiche e di inquinamento molto diverse tra loro, per un totale di 25 milioni di abitanti.

Una prima metanalisi effettuata su 12 (delle 15) città mostrò nelle città dell'Europa occidentale un effetto lineare con un incremento di rischio nella mortalità pari al 3% per incrementi di 50 µg/m³ di SO₂ e nerofumo, e pari al 2% per incrementi dello stesso ordine di particolato di diametro inferiore a 10 µm (PM10). Nelle città dell'Europa dell'Est, dove i dati erano più limitati, gli eccessi di rischio sembravano inferiori.

Effetti sulla mortalità furono anche messi in relazione all'inquinamento da biossido di azoto (NO₂) e O₃ in 6 città dove i dati erano disponibili: incrementi di rischio del 2,9% per incrementi di 50 µg/m³ di O₃, e 1,3% per incrementi analoghi di NO₂. Una successiva metanalisi, sulla mortalità specifica per causa in 10 città, mostrò un rischio relativo di mortalità cardiovascolare, nelle città dell'Europa occidentale, per incrementi di 50 µg/m³ di nerofumo e di SO₂ rispettivamente di 1,02 e 1,04. Per le malattie respiratorie, i rischi stimati per nerofumo e SO₂ erano rispettivamente 1,04 e 1,05. Per incrementi di O₃ di analoga entità sempre nelle città dell'Europa occidentale furono stimati rischi per malattie cardiovascolari e respiratorie pari a 1,02 e 1,06. Per tutti questi rischi relativi, gli intervalli di confidenza escludevano l'unità. Non furono invece evidenziati effetti da NO₂. Nelle città dell'Europa dell'Est inoltre per nessuno degli inquinanti esaminati fu raggiunta la significatività statistica.

Nel 1996, ai risultati sopra riassunti si erano aggiunti quelli di due studi longitudinali condotti negli Stati Uniti, che documentavano una diminuzione della speranza di vita correlata alla residenza nelle città con più alti livelli di polveri sospese. Questi due studi avevano rispettivamente seguito 8.000 persone in 6 città per 14-16 anni e 500.000 persone in 154 città per 8 anni. Era anche emersa la plausibile ipotesi che l'effetto derivasse dall'aumento di coagulabilità del sangue indotto dalle particelle più fini. Erano anche emerse stime di un sostanzioso aumento dei ricoveri ospedalieri successivi a incrementi dell'inquinamento atmosferico. In questa situazione, l'EPA propose nuovi standard di qualità dell'aria, che divennero legge nel luglio 1997, e furono successivamente oggetto di contestazioni legali. Nel luglio 2002 è stata programmato il nuovo aggiornamento.



Nel frattempo, il Congresso degli Stati Uniti ha sollecitato l'EPA a chiedere al National Research Council di identificare le priorità di ricerca per l'aggiornamento.

A questo fine, una organizzazione non profit, Health Effect Institute (HEI), ha commissionato nuovi studi, rianalisi degli studi precedenti e metanalisi degli studi sulle serie temporali relativi a 90 città americane.

Lo studio National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study, (NMMAPS) è stato pubblicato nel giugno 2000 e ha mostrato una correlazione tra la mortalità per malattie cardiovascolari e respiratorie e le concentrazioni medie giornaliere di PM10, anche al di sotto dei livelli di 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ proposti nel 1996 dall'EPA. Samet, 22 riportando i risultati dello stesso studio, ha considerato come potenziali confondenti gli altri inquinanti (O_3 , O_3 e monossido di carbonio (CO), $\text{O}_3\text{-NO}_2$ e $\text{O}_3\text{-SO}_2$): l'incremento del rischio relativo per tutti i decessi per aumenti di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 è risultato pari a 0,5% (IC 95%: 0,1-0,9) e pari a 0,7% (IC 95%: 0,2-1,2) per le morti per malattie cardiorespiratorie. L'ozono è risultato associato alla mortalità, ma in maniera non statisticamente significativa, solo nel periodo estivo, mentre per gli altri inquinanti sono risultate associazioni con la mortalità di minore entità e non significative una volta aggiustate per PM10 e ozono. Daniels, sempre sulla base di dati NMMAPS ha analizzato la relazione dose-risposta tra PM10 e mortalità: questa è risultata lineare al di sopra dei 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 per la mortalità per tutte le cause e per malattie cardiorespiratorie, e al di sopra dei 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'insieme di tutte le altre cause. Schwartz e Zanobetti, sugli stessi dati, hanno studiato la curva dose-risposta in una metanalisi specifica, stimando nelle 10 città che avevano dati giornalieri di PM10 una relazione lineare, senza evidenza di soglia.

Uno studio successivo condotto sempre negli Stati Uniti sulla mortalità e l'inquinamento di tre grandi aree metropolitane nel periodo 1987-95, già considerate nello studio NMMAPS, ha ottenuto risultati invece molto eterogenei riguardo l'associazione tra mortalità e singoli inquinanti: l'associazione è risultata più forte per la componente gassosa (in particolare per il CO) piuttosto che per le polveri. Sono state sollevate delle riserve sulla possibilità che a partire da questo tipo di studi si possano trarre conclusioni sul ruolo di ogni singolo inquinante.

I risultati del secondo progetto APHEA, che ha visto coinvolte ben 29 città europee fra le quali Torino, Milano e Roma, riguardo alla relazione osservata tra inquinamento da PM10 e/o nerofumo e mortalità, mostrano anch'essi una eterogeneità: è stato evidenziato un incremento medio di rischio significativo pari a 0,6% per incrementi di PM10 di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ma con importanti differenze tra città. L'analisi aveva tenuto conto dell' NO_2 come confondente. Tra i fattori indagati come possibili modificatori di effetto l' NO_2 , il rapporto PM10/ NO_2 , la temperatura media e il tasso di mortalità generale. Un'analisi riguardante tutta la popolazione olandese, oltre a identificare un'associazione significativa con ciascuno degli inquinanti, segnala una modificazione di effetto causata dalla stagione, in particolare per il particolato e l'ozono.

Complessivamente quindi, dalle prime metanalisi di metà degli anni novanta alle ultime pubblicate dopo il 2000, la stima dell'effetto si è precisata e collocata su valori inferiori all'1% di incremento per incrementi di 10 microgrammi per metro cubo di PM10. Inoltre sono emerse importanti differenze tra città, a indicare una modificazione di effetto ancora da chiarire. Sembra confermato un ruolo degli ossidi di azoto e del monossido di carbonio mentre particolarmente difficile appare lo studio degli effetti potenziali dell'ozono. I risultati disponibili per la maggior parte non sono aggiustati per il possibile confondimento di tutti gli altri inquinanti.

Le analisi che includono più di un inquinante danno risultati molto instabili e stime molto imprecise.

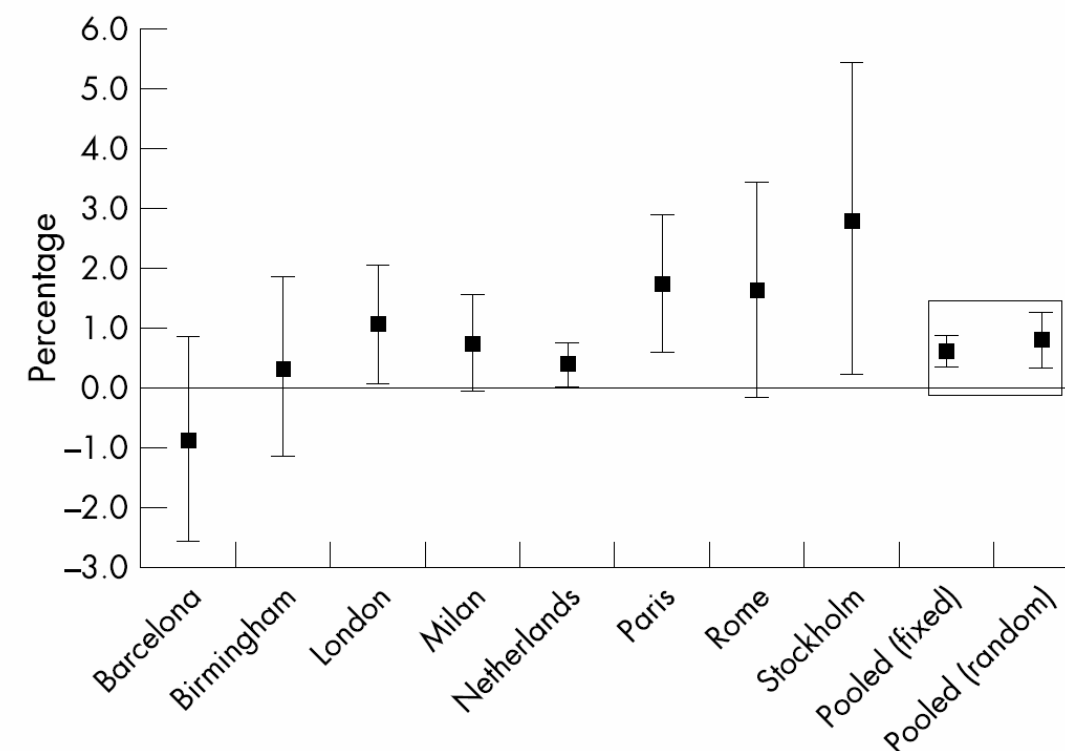


Fig. 119. Studio APHEA. Stima percentuale dell'incremento di morbidità per patologie cardio-circolatorie in persone con più di 65 anni di età, associate ad un incremento di concentrazione di PM10 di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con range compreso tra 0 e 1 giorno di durata dell'evento.

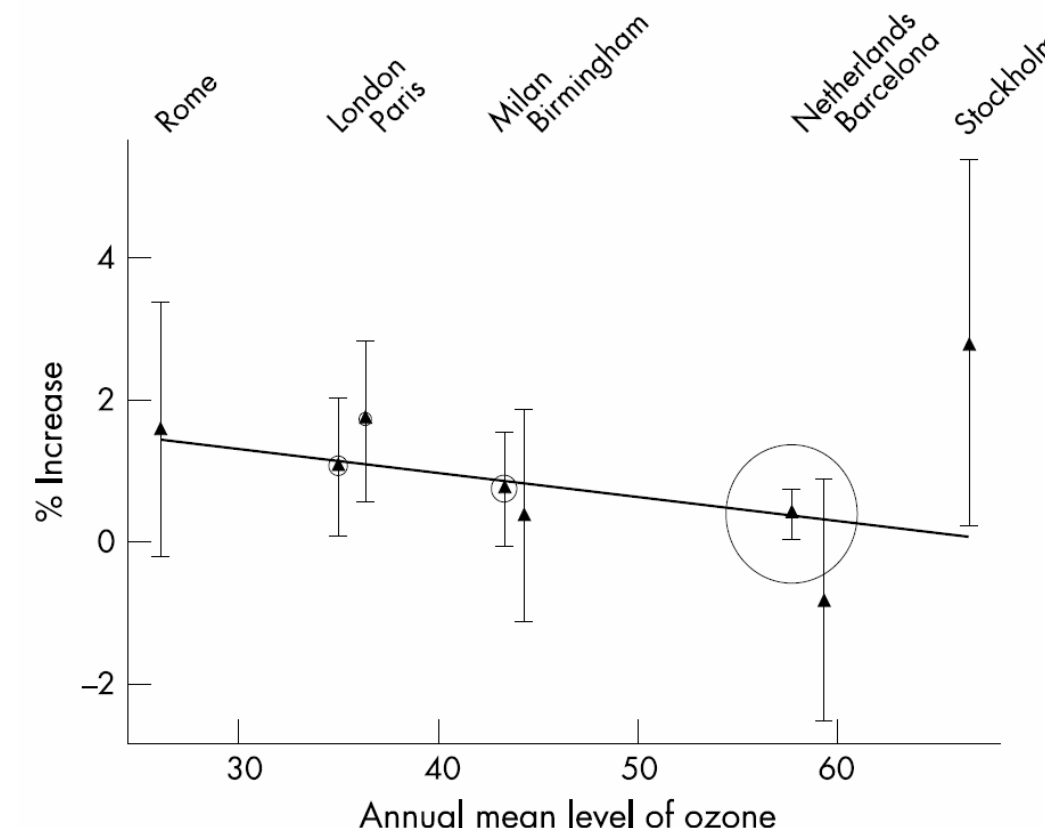


Fig. 120. Studio APHEA. Stima percentuale dell'incremento di morbidità per patologie cardio-circolatorie in persone con più di 65 anni di età, associate ad un incremento di concentrazione di PM10 di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con range compreso tra 0 e 1 giorno di durata dell'evento in relazione con il livello di concentrazione media di ozono.



IMPLICAZIONI DI SANITÀ PUBBLICA

Esiste una associazione – molto verosimilmente di natura causale – tra le variazioni di breve periodo dell'inquinamento e la mortalità della popolazione a esso esposta. Gli anziani e i soggetti il cui stato di salute è compromesso sembrano costituire un bersaglio privilegiato dell'inquinamento.

L'effetto sulla mortalità è evidente anche a dosi inferiori a quelle previste dagli standard di qualità dell'aria di molti paesi occidentali.

Sull'esistenza o meno di una soglia al di sotto della quale l'inquinamento è privo di effetti i risultati attualmente disponibili sono contrastanti.

L'importanza del nesso causale tra inquinamento atmosferico e mortalità e/o morbosità a fini di sanità pubblica è evidente. Infatti, i risultati ottenuti negli studi di serie temporali si sono spesso tradotti in norme di contenimento e controllo dell'inquinamento. Come ricordato, nel 1996 l'EPA ha aggiornato gli standard di qualità dell'aria relativi al particolato (i precedenti erano del 1987), prendendo in considerazione non più il PM10 ma le particelle più piccole (PM2,5), benché non fossero disponibili analisi di serie temporali per concentrazioni di questa frazione del particolato. Le concentrazioni massime giornaliere e annuali consentite di PM2,5 sono state poste rispettivamente pari a 65 e 15 µg/m³. L'attivazione di questi standard è stata successivamente bloccata nel 1999 dalla Corte di Appello del Distretto di Columbia a cui si erano appellati dei gruppi industriali adducendo la mancanza di dati scientifici solidi sul PM2,5.

La coerenza dell'associazione tra inquinamento atmosferico e mortalità o morbosità a breve termine è alta, essendo numerosi gli studi che hanno prodotto risultati simili benché condotti su popolazioni diverse, in condizioni di inquinamento e climatiche diverse, da autori diversi, utilizzando metodiche di analisi diverse, ed end point diversi.

Il particolato fine (quello con diametro pari a 10 µm) è stato studiato più di altri, anche perché la maggior parte degli studi sono stati effettuati negli Stati Uniti dove vi è stato, ed è tutt'ora in corso, un forte dibattito nella comunità scientifica in merito agli effetti di questo inquinante, a seguito delle decisioni sugli standard di qualità dell'aria prese dall'EPA nel 1996.

Riserve sull'attendibilità e sulla natura causale dell'associazione sono state avanzate per la presunta natura ecologica del disegno degli studi, per le differenze tra le tecniche di analisi statistica adottate nei diversi studi, per l'ignoranza sul meccanismo biologico dell'ipotizzata azione tossica e per la scarsa coerenza dei risultati degli studi sugli effetti acuti con quelli degli studi sugli effetti cronici. La esplicitazione di questi punti è stata oggetto di lavoro di uno speciale comitato presso la National Academy of Science americana. Si veda anche lo studio di Lippmann e Schlesinger.

I rischi relativi per incremento unitario dell'esposizione ai vari inquinanti esaminati sono in genere di piccola entità, ma data la numerosità della popolazione esposta la frazione attribuibile è tutt'altro che trascurabile.

Stime precise di rischi percentuali attribuibili sono problematiche per le incertezze sulla linearità del rapporto dose-risposta a basse dosi di particolato. Rimane peraltro aperto il ruolo di ciascun singolo inquinante. In una recente rassegna sugli effetti del particolato aerodisperso sulla salute umana, molto originale per obiettivi e metodologia, Pope riporta alcune conclusioni:

«... quando una corposa massa di risultati epidemiologici indica che un qualche cosa a cui la gente è abitualmente esposta starebbe procurando seri danni alla salute, allora è legittimo sostenere che l'onere della prova debba essere non più a carico di quelli che ne derivano una inferenza causale, ma a carico di coloro che la negano»;

«... dal punto di vista della protezione della salute collettiva, sarebbe imprudente non considerare causali le associazioni dimostrate tra concentrazioni giornaliere di particolato ed effetti acuti sulla salute»;

«... uno scopo fondamentale dell'epidemiologia è quello di riconoscere una causa con ragionevole certezza da giustificare e rendere opportuna l'azione da intraprendere per mitigare gli effetti sulla salute della collettività».

MECCANISMI BIOLOGICI

Gran parte degli studi condotti sugli effetti biologici dei principali inquinanti atmosferici rappresentati dalle particelle fini e ultrafini, NO₂, SO₂, CO e O₃, si sono rivolti all'effetto sulla funzione respiratoria. Sono possibili tuttavia, azioni sull'apparato cardiocircolatorio e nervoso centrale.

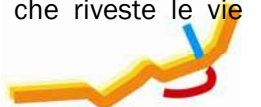
Spesso gli inquinanti atmosferici agiscono su bersagli biologici comuni potenziando vicendevolmente i loro effetti nocivi. In modelli animali è stato osservato che le **particelle ultrafini**, pur non inducendo alterazioni istologiche rilevanti a carico dell'albero respiratorio, provocano modificazioni biomolecolari rappresentate da aumento della secrezione macrofagica di citochine, quali MIP-2 e ET-1, chemiotattiche per i monociti, attivanti i granulociti neutrofili, mitogeniche nei confronti dei fibroblasti; inibizione del cosiddetto «burst» ossidativi dei macrofagi e inibizione del rilascio dai macrofagi attivati dell'ossido nitrico, una fra le più potenti sostanze battericide. Pertanto si può ipotizzare che l'inalazione di particelle ultrafini induca nell'uomo, attraverso l'attivazione macrofagica e il rilascio di citochine, uno stato proinfiammatorio e favorisca fenomeni di fibrosi polmonare attraverso la secrezione della citochina ET-1 dotata di attività antifibrinolitica e fitogenica per i fibroblasti. Tramite l'inibizione di importanti attività battericide dei macrofagi polmonari, le particelle ultrafini possono facilitare le infezioni polmonari. Gli aumenti dei livelli plasmatici di ET-1, citochina dotata di potente attività vasocostrittrice, potrebbero giustificare l'incremento di patologie cardiovascolari riscontrate nell'uomo in seguito all'esposizione a particolato. Inoltre, studi recenti suggeriscono un ruolo del particolato nell'aumentare la viscosità e coagulabilità del sangue e la frequenza cardiaca e nel determinare modifiche elettrocardiografiche in animali da esperimento e nell'uomo.

Il **biossido di azoto** agisce principalmente a livello bronchiolare e alveolare, dove induce modificazioni istologiche tipiche della risposta infiammatoria. Nell'uomo, esso induce un incremento della produzione e secrezione di citochine proinfiammatorie quali il fattore stimolante le colonie granulocitarie (GM-CSF) e le interleuchine 6 e 8 (IL-6, IL-8). Inoltre, il biossido di azoto riducendo i poteri antiossidanti del liquido tensioattivo che riveste le piccole vie aeree interferisce con i normali processi di scambio gassoso. Infine, l'inalazione di NO₂ determina la perdita delle ciglia vibratili dall'epitelio che riveste le piccole vie aeree, alterando in tal modo la difesa meccanica nei confronti di particelle e microrganismi estranei.

Da studi in vitro sui macrofagi alveolari e cellule ematiche umane della serie granulocitaria, è risultato che il biossido di zolfo induce uno stato infiammatorio nelle vie respiratorie, mediato dal rilascio da parte dei macrofagi di citochine quali il fattore di necrosi tumorale di tipo alfa (TNFalfa), l'interleuchina 1 beta (IL-1 beta) e MIP-270 e dall'incremento della produzione e del rilascio di radicali liberi dell'ossigeno. Inoltre, l'SO₂ inibisce la chemiotassi monocitico-macrofagica e riduce sia il numero che le capacità endocitotiche dei macrofagi alveolari. Infine, in modelli animali è stato osservato che il biossido di zolfo interferisce con l'attività di vari sistemi antiossidanti facilitando i fenomeni di perossidazione lipidica e inducendo, in tal modo, danni a carico della funzione eritrocitaria e del sistema nervoso centrale.

L'azione nociva del **monossido di carbonio** è in gran parte dovuta alla formazione di carbossiemoglobina (COHb). Essendo alterato il trasporto dell'ossigeno, si crea uno stato ipossico che può provocare danni almeno del sistema nervoso centrale e del miocardio, particolarmente sensibili alla ipossia. L'esposizione per lunghi periodi di tempo a basse concentrazioni di CO determina nell'uomo deficit neurologici e modificazioni neurocomportamentali nonché alterazioni della funzione cardiaca.

L'**ozono** determina danni a carico di tutto l'albero respiratorio a partire dalle cavità nasali anteriori fino alle cavità bronchiolo-alveolari terminali. Sia in modelli animali che in studi condotti sull'uomo, è emerso che questo gas inquinante induce ipertrofia delle ghiandole mucose e delle cellule mucipare, distruzione dell'epitelio alveolare respiratorio e alterazione della sua permeabilità, proliferazione delle cellule alveolari settali e loro differenziazione in cellule epiteliali alveolari respiratorie, insorgenza di flogosi centroacinare. Gli effetti nocivi di questo composto iperreattivo dell'ossigeno possono essere causati sia dalla perossidazione dei lipidi delle membrane cellulari o dalla distruzione dei componenti citoscheletrici cellulari, sia dalla formazione di composti tossici altamente ossidanti, come i radicali idrossilici, derivati dall'interazione dell'ozono con le molecole di acqua. In particolare, l'esposizione a O₃ è seguita dal rilascio di vari mediatori chimici della flogosi, quali metaboliti dell'acido arachidonico (prostaglandine E2 e F2), il GM-CSF, IL-6 e IL-8, il fattore attivante le piastrine (PAF); dall'incremento dell'espressione di proteine adesive, quali fibronectina, integrine e selettine, promoventi l'insorgenza di fibrosi polmonare e dal rilascio del fattore natriuretico atriale favorente l'insorgenza di edema polmonare. Inoltre, l'ozono determina un aumento della viscosità del muco che riveste le vie



respiratorie superiori e alterazioni del liquido tensioattivo che bagna l'epitelio respiratorio. Infine, questo agente ossidante può indurre fenomeni di immunostimolazione o immunosoppressione in rapporto agli effetti esercitati sui macrofagi, sui polimorfonucleati e sui leucociti.

MORBILITÀ PER CAUSE CARDIACHE E RESPIRATORIE

Studi di serie temporali sugli effetti dell'inquinamento sui ricoveri per cause cardiorespiratorie e sul ricorso al pronto soccorso sono stati condotti in anni recenti. La maggior parte di essi ha valutato l'effetto sui ricoveri per cause respiratorie mentre la patologia cardiaca è stata oggetto di attenzione più limitata.

Schwartz, analizzando l'associazione tra PM10 e frequenza giornaliera di ammissioni ospedaliere per cause respiratorie in popolazioni residenti in diverse aree degli USA, dove il biossido di zolfo era praticamente assente, ha posto in evidenza un ruolo indipendente del PM10. Pope e Dockery hanno passato in rassegna i maggiori risultati in letteratura pubblicati negli anni novanta. Emerge una associazione coerente tra morbosità e inquinamento atmosferico, nonostante una difformità notevole di disegno dello studio e metodi di analisi.

In Europa l'associazione tra inquinamento e ricoveri per cause respiratorie è stata studiata nel progetto APHEA. Tre studi in particolare riassumono i risultati e documentano l'esistenza di associazioni. Anderson et al. riportano un'associazione tra malattia polmonare cronica ostruttiva (COPD) e particolato totale o nerofumo, ozono e NO₂; Spix et al.³² studiando tutte le cause respiratorie riportano un effetto significativo per l'ozono e per il nerofumo (particolarmente nei giorni con alto NO₂); Sunyer et al. Trovano una associazione tra NO₂ e ospedalizzazione per asma, pur con differenze tra adulti e bambini.

È stata recentemente completata una metanalisi condotta nell'ambito del progetto APHEA 2, in cui è stato considerato l'effetto del particolato in otto città europee tra cui Roma e Milano. I risultati (non ancora pubblicati) hanno mostrato un'associazione statisticamente significativa tra i livelli giornalieri di particolato e/o nerofumo e i ricoveri ospedalieri per cause respiratorie. Lo studio ha evidenziato inoltre un'eterogeneità dell'effetto nelle diverse città.

La metanalisi americana nell'ambito dello studio NMMAPS condotta da Schwartz et al. ha riportato un effetto importante del PM10 sui ricoveri per cause respiratorie, anche se gli autori non escludono un possibile confondimento residuo. Per i ricoveri da COPD e polmonite nei soggetti con età maggiore di 64 anni è stato calcolato un incremento rispettivamente dell' 1,4% e 1,6% per un aumento di PM10 di 10 µg/m³.

Per quanto concerne gli altri inquinanti, da una recente rassegna, si desume che i risultati disponibili sono contrastanti riguardo alla capacità dell'SO₂ di indurre effetti acuti sull'apparato respiratorio tali da richiedere il ricovero in ospedale. Anche gli effetti dell'O₃ sembrano essere incoerenti, nonostante la dimostrazione che l'O₃ riduce la funzionalità respiratoria, aumenta la reattività bronchiale e induce eventi infiammatori a carico delle vie aeree superiori.

Il ruolo degli inquinanti come determinanti di patologie cardiache è ancora controverso, anche per l'eterogeneità degli inquinanti e delle patologie considerate nei diversi studi. Burnett et al. Hanno riscontrato un'associazione positiva tra livelli di particolato fine e ricoveri per cause cardiache.

In un altro studio, è stato valutato l'effetto degli inquinanti gassosi sui ricoveri per scompenso cardiaco congestizio negli anziani in sette città degli Stati Uniti, evidenziando un'associazione significativa solo per il CO. Tale risultato è stato confermato anche nello studio di Burnett et al. in dieci città canadesi. Schwartz³⁸ ha confermato l'associazione tra ricoveri per patologia cardiaca e livelli di PM10 in uno studio su otto contee americane, stimando un rischio relativo di 1,025 per un incremento di 25 µg/m³.

Lo studio NMMAPS riporta incrementi percentuali inferiori a quelli per patologie respiratorie, intorno a 1,1% per tutte le cause cardiovascolari nei soggetti di età superiore ai 65 anni per un incremento di PM10 di 10 µg/m³ (dati su 14 città).

In Europa, APHEA 2 ha incluso in una metanalisi gli effetti dell'inquinamento sui ricoveri per cause cardiovascolari. I risultati di questo studio (non ancora pubblicati) mostrano un'associazione positiva tra livelli di PM10 e ricoveri per cause cardiache in tutte le età, maggiore nella popolazione sopra i 65 anni.

In sintesi **le analisi sulla morbosità hanno documentato effetti importanti.**

Tuttavia la varietà dei disegni e delle scelte di analisi è stata tale da rendere difficile una sintesi quantitativa. Poche sono le metanalisi finora pubblicate e anch'esse talvolta riferite a gruppi di popolazione selezionati per età o per precedenti patologie.

SUSCETTIBILITÀ INDIVIDUALE

Le serie temporali si prestano ad analisi di tipo ecologico. Le popolazioni nel loro complesso sono composte da soggetti variamente suscettibili agli inquinanti atmosferici in relazione a preesistenti patologie acute o croniche (e alla loro gravità), alle condizioni fisiologiche dell'organismo o a fattori genetici. Mentre gruppi connotati da caratteristiche demografiche, come gli anziani, possono essere identificati (e analizzati) attraverso le statistiche correnti, il ruolo delle patologie preesistenti e delle caratteristiche genetiche richiede la disponibilità di basi di dati di diversa natura.

Studi pubblicati a metà degli anni novanta, condotti in USA e in Canada, hanno sottolineato il ruolo del particolato come determinante dell'aggravamento di patologie respiratorie e asma, determinando una richiesta di cure ospedaliere. Per quanto riguarda l'ozono, questi stessi studi hanno dato risultati contrastanti.

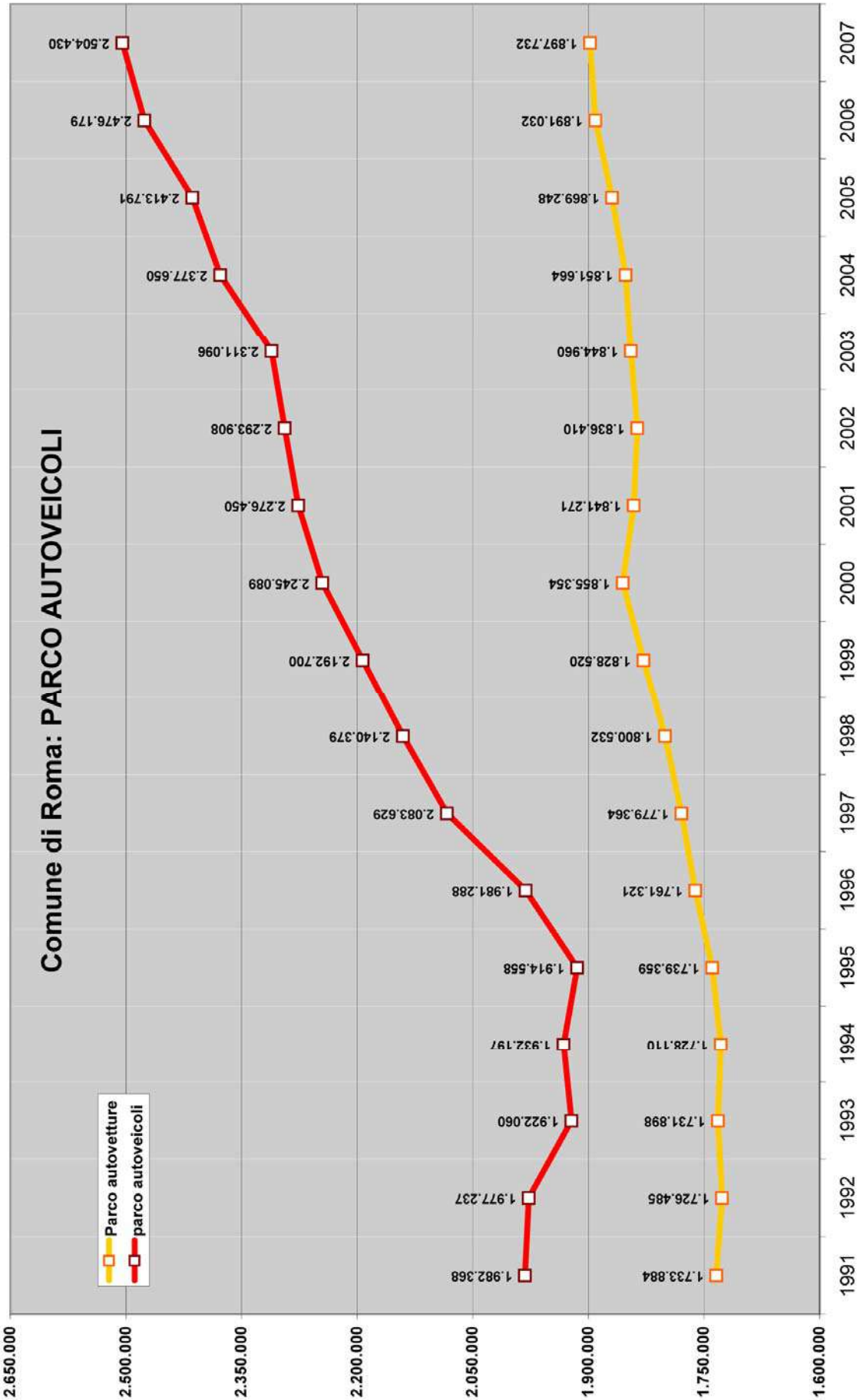
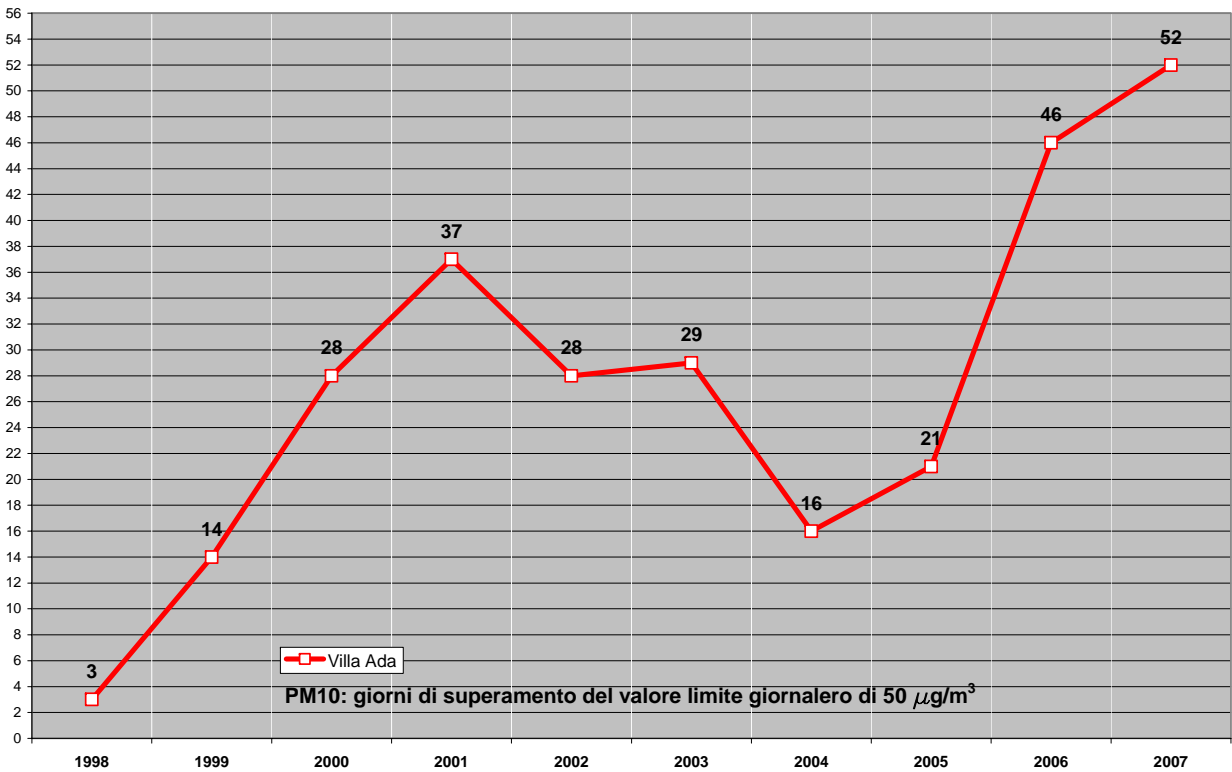
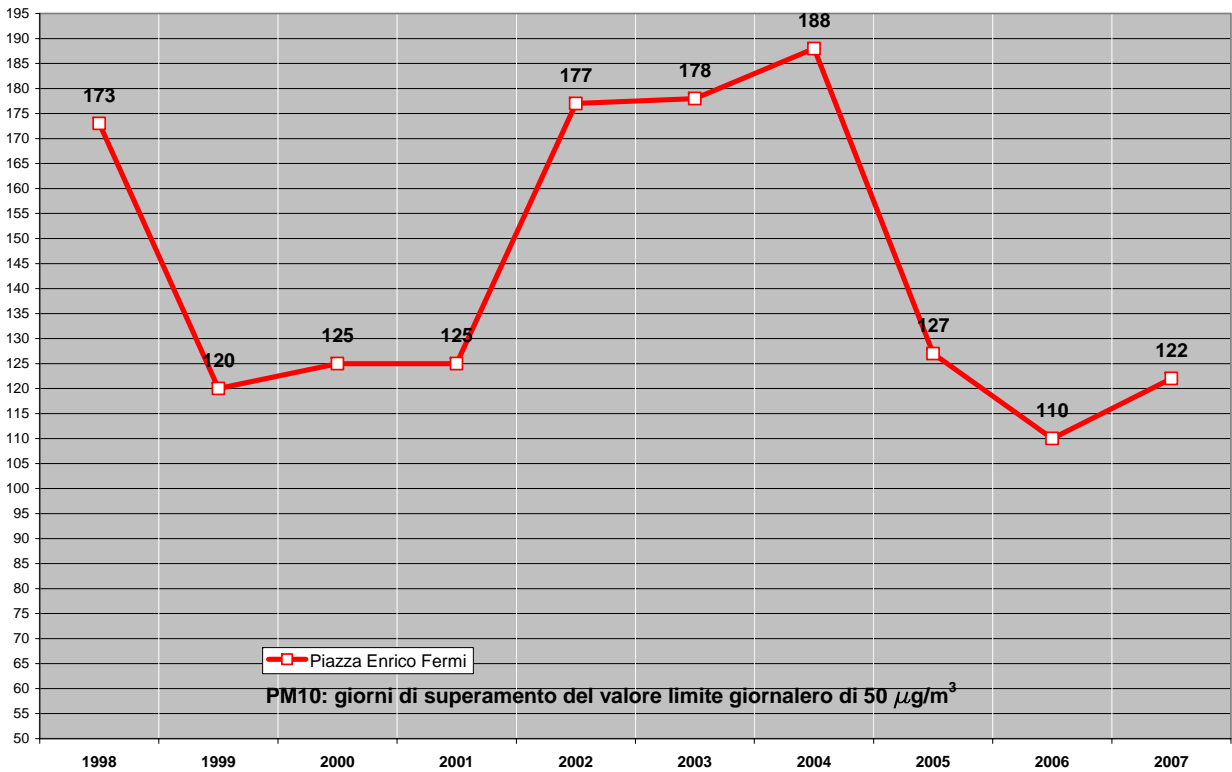
Alcuni studi, in diversi paesi, hanno mostrato l'importanza dell'NO₂ e del CO come determinanti nell'aggravamento di patologie respiratorie, quantificato attraverso i ricoveri per asma negli adulti e nei bambini, visite mediche per asma e per altre patologie respiratorie.

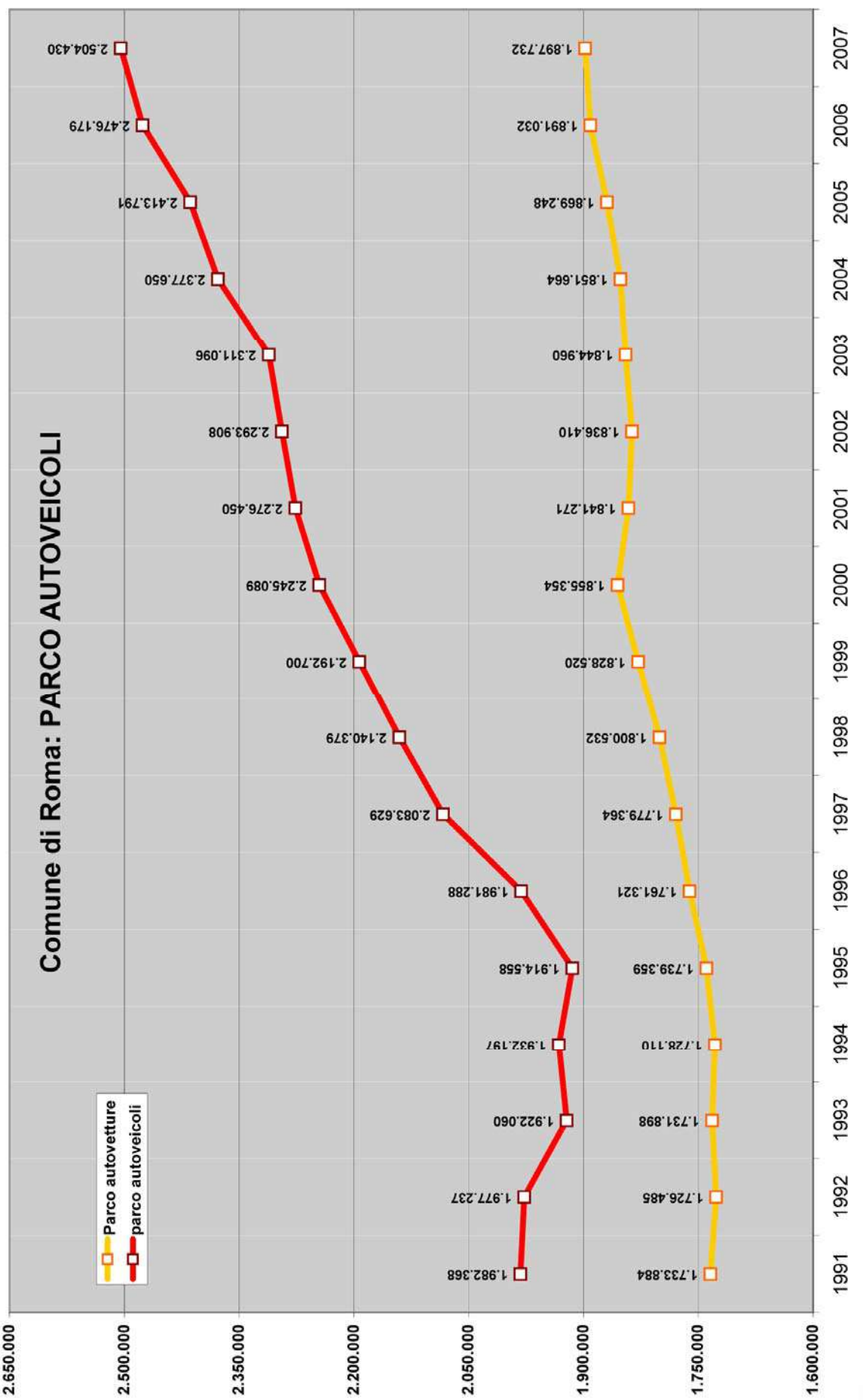
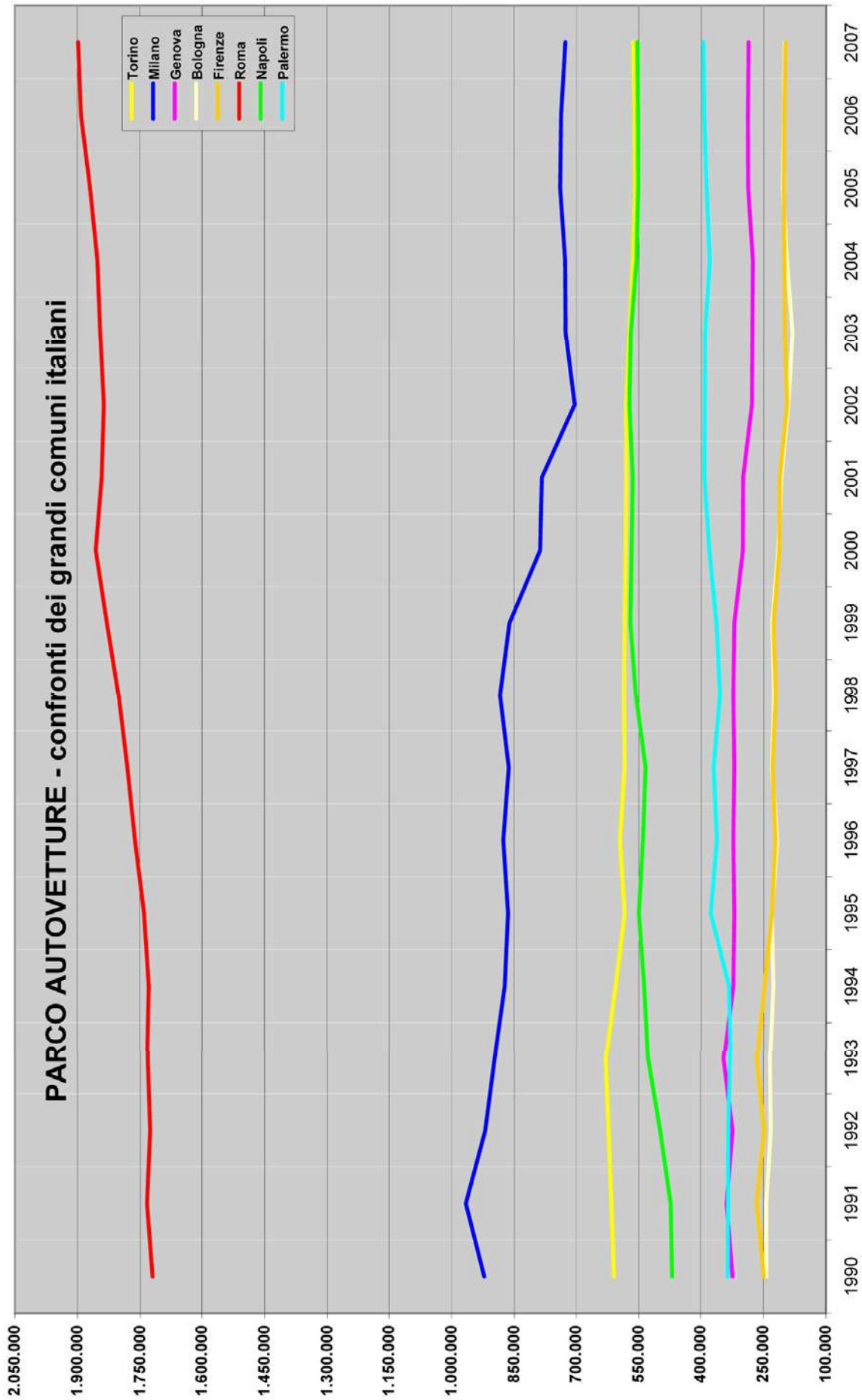
In sintesi è stato documentato che il maggior ricorso a cure ospedaliere per cause respiratorie in associazione a concentrazioni crescenti di singoli inquinanti riguarda soggetti con precedente storia di patologia cardiorespiratoria, da un lato, e dall'altro, alcuni studi hanno evidenziato effetti più marcati in certe classi di età, quali i bambini e gli anziani.

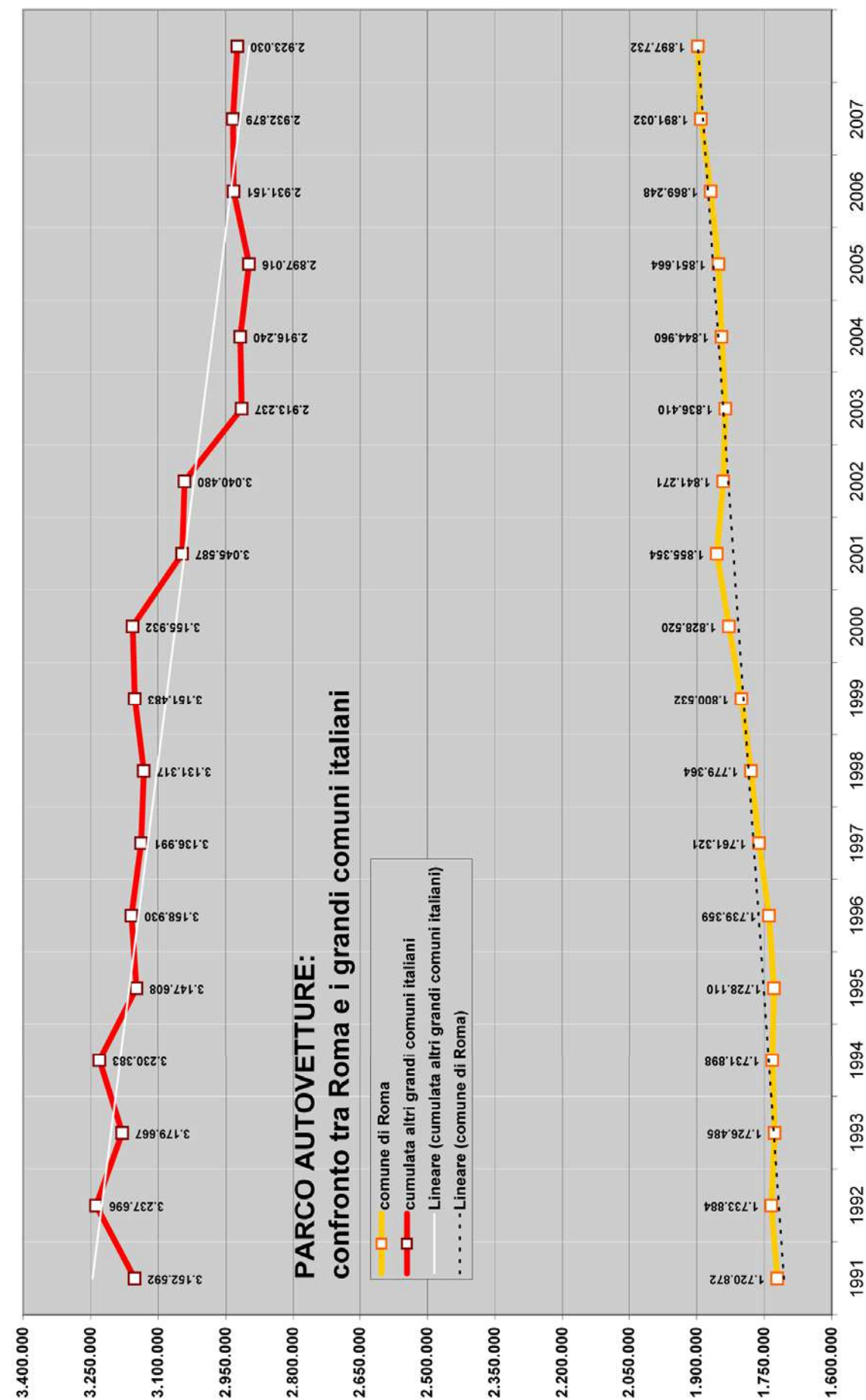
LA SITUAZIONE DELL'AREA METROPOLITANA ROMANA

Nelle pagine seguenti si riportano alcune analisi dei dati di Qualità dell'aria relativi ad alcune stazioni rappresentative per la città di Roma.

Ne emerge un quadro che, seppure ha risentito in maniera considerevole dell'introduzione di normative di settore più stringenti sia relativamente agli autoveicoli – normativa EURO – che ai carburanti, ma anche dell'introduzione di politiche di limitazione del traffico soprattutto in area centrale (Zona a Traffico Limitato) rimane sempre su valori di criticità: preoccupa in particolare l'aumento registrato negli ultimi due anni, dovuto principalmente al parco veicolare che continua a crescere, in vistosa controtendenza con il resto del continente e tutte le altre grandi città italiane.

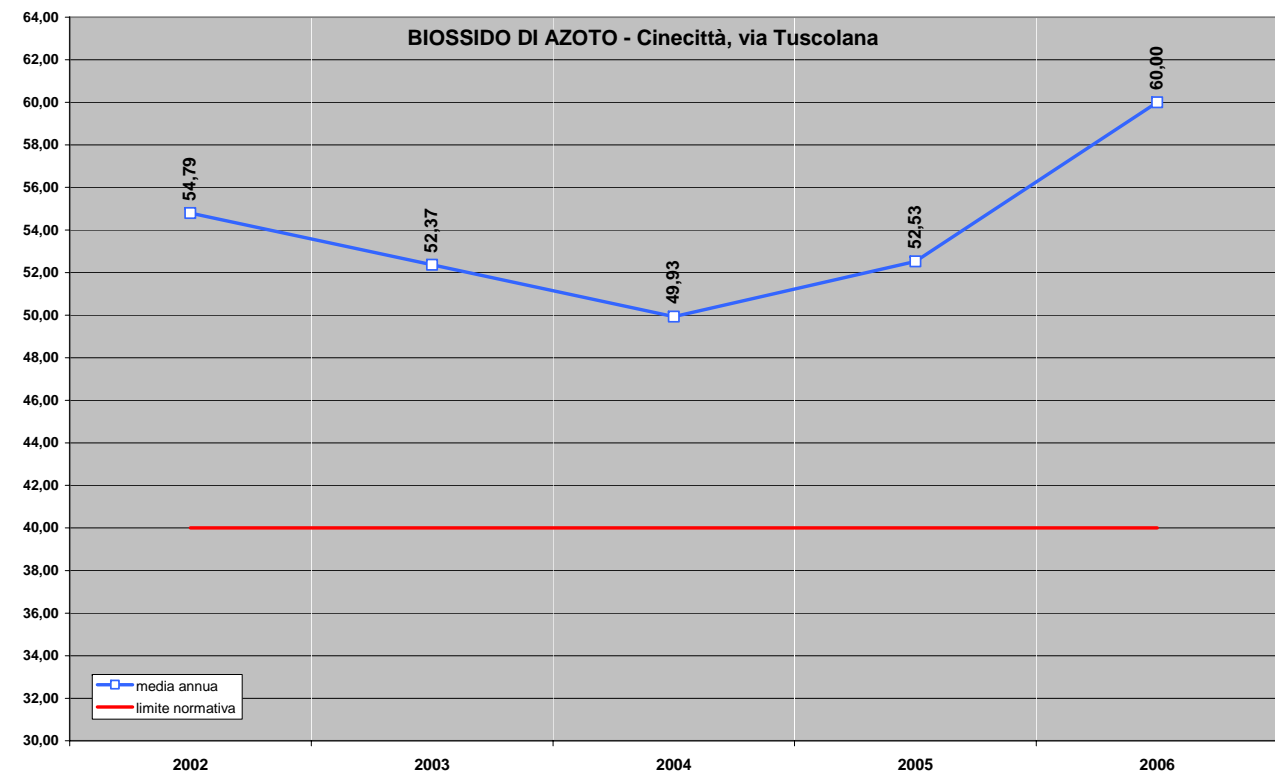






BIOSSIDO DI AZOTO. Prendendo in esame una delle centraline di rilevamento situate in aree ad elevato traffico (via Tuscolana) risulta superato il limite di protezione della salute annuale (NO₂ 40 µg/m³, media delle concentrazioni nell'anno civile) da raggiungere nel 2010. Attenuano lo stato di criticità la presenza di margini di tolleranza pari a 10 µg/m³)

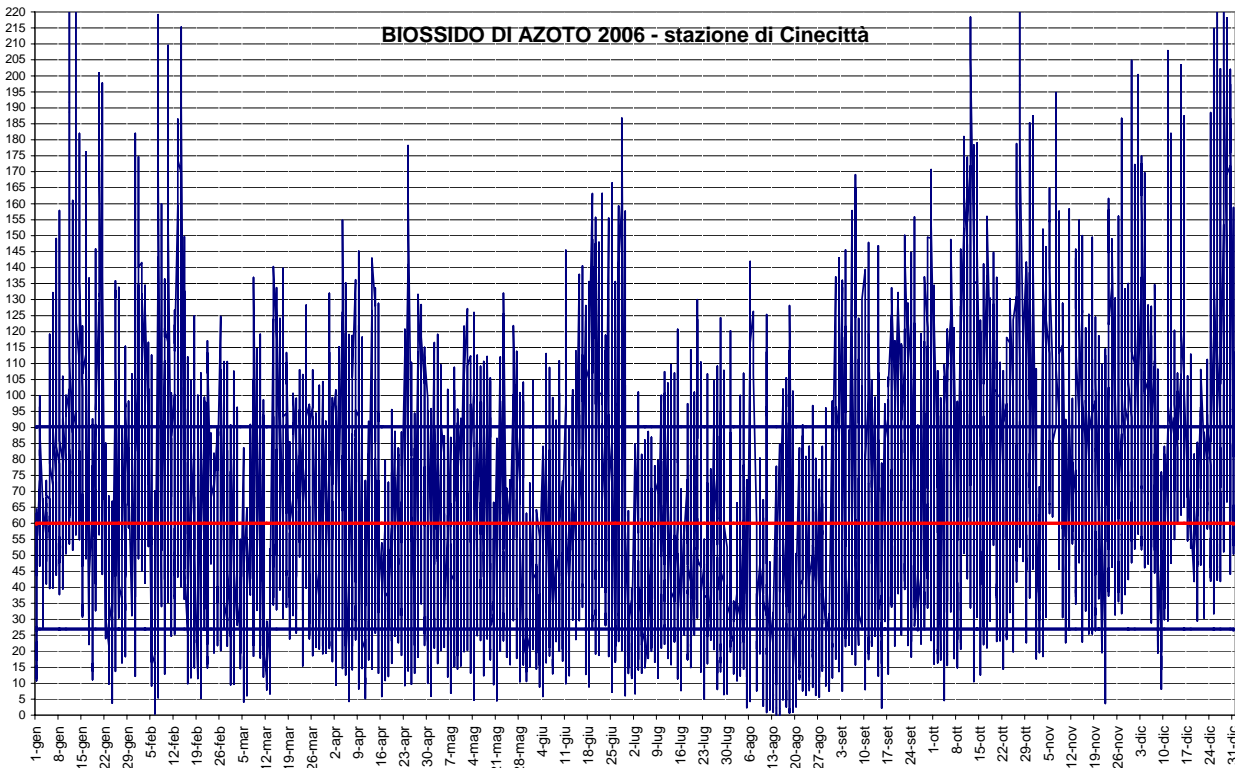
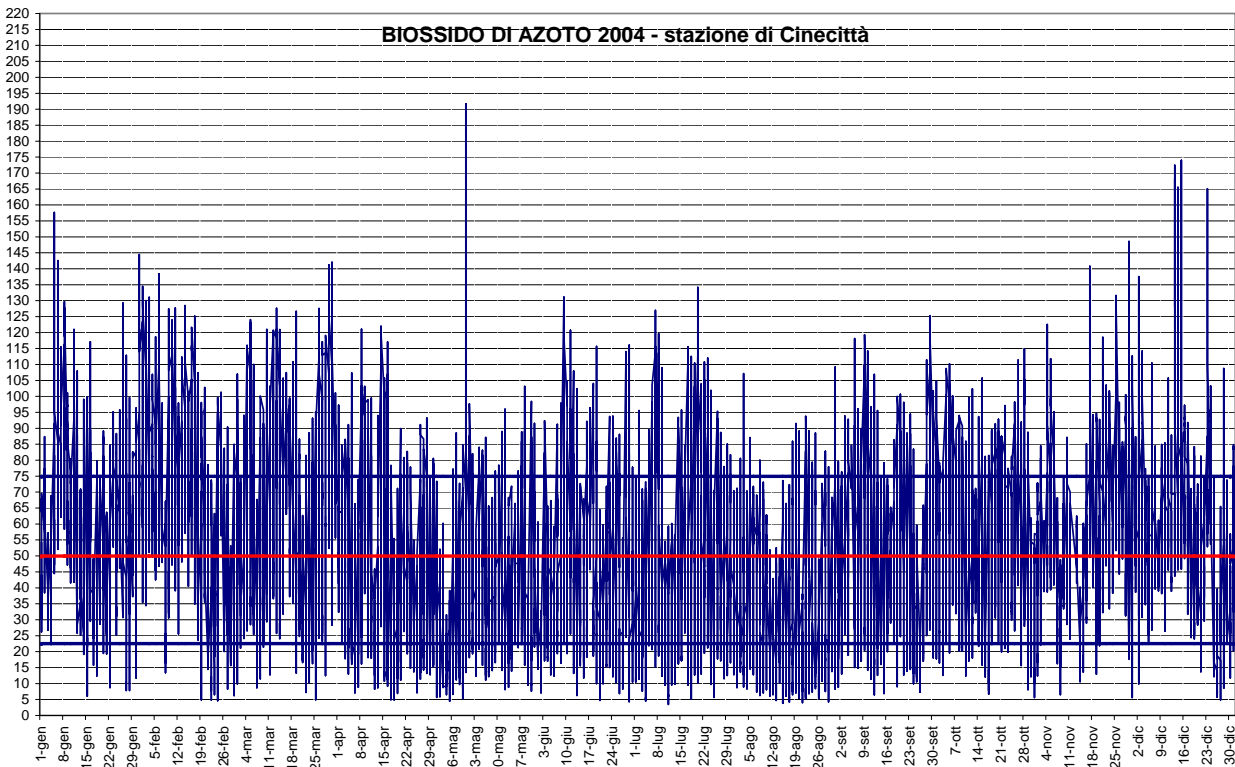
È ampiamente superato il limite per la protezione degli ecosistemi (NO_x 30 µg/m³, media annuale) e per il quale non è previsto alcun margine di tolleranza.



NO₂
 Biossido di azoto

Anno	Stazione di via Cinecittà					
	Media annua	80° percentile	20° percentile	Giorni con valore superiore a 40 µg/m ³	Giorni con valore superiore a 100 µg/m ³	Giorni con valore superiore a 180 µg/m ³
2002	54,79	26,65	80,75	218	24	0
2003	52,37	25,32	78,43	209	23	0
2004	49,93	22,55	74,95	206	16	0
2005	52,53	24,15	77,99	210	27	3
2006	60,00	26,95	90,24	226	48	3





Per il biossido di azoto si evidenzia un sostanziale peggioramento con superamento dei limiti annuali di protezione della salute (40 µg/m³). Si verificano superamenti del valore limite di media oraria (200 µg/m³). L'NO₂ risente in maniera diretta degli alti volumi di traffico che si continuano a registrare a Roma mentre risente meno delle normative di riduzione degli additivi presenti nei carburanti. La diffusione dei filtri antiparticolato può aumentare il tenore di ossidi di azoto come reazione secondaria.

Veicoli	Tipo legisl.	Carb.	Tot. PM10	PM10 Scarico	PM10 Freni pneum.	Emissioni NOx
Automobili	pre - Euro	benz.	55	28	27	1.955
Automobili	Euro 4	benz.	26	0,8	25	23
Automobili	pre - Euro	gasolio	265	238	26	896
Automobili	Euro 4	gasolio	46	20	25	398
Automobili	Euro 4 f.a.p.	gasolio	27	2	25	398
Veicoli leggeri < 3,5 t	pre - Euro	gasolio	362	324	38	2.020
Veicoli leggeri < 3,5 t	Euro 4 f.a.p.	gasolio	41	3	38	863
Veicoli pesanti > 3,5 t	pre - Euro	gasolio	621	488	133	11.190
Veicoli pesanti > 3,5 t	Euro 4 f.a.p.	gasolio	153	3	150	2.400

PARAMETRI EMISSIVI IN mg/km

Il filtro antiparticolato più diffuso è quello costituito da materiali porosi che possono essere a base ceramica o metallica. Il filtro deve avere due caratteristiche essenziali: trattenere al suo interno il particolato e resistere ad elevate temperature. Infatti, il continuo accumulo di particelle all'interno del filtro ne provoca il progressivo intasamento che influenza in maniera negativa il comportamento del motore. Per questo è necessario rimuovere periodicamente il particolato accumulato sul filtro. Il particolato diesel è composto prevalentemente da materiale carbonioso e per rimuoverlo bisogna bruciarlo (ossidarlo). Questo processo si chiama rigenerazione.

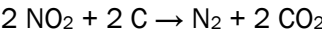
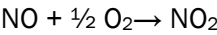
L'ossidazione del particolato avviene a temperature di circa 600 °C ma nelle autovetture la temperatura dei gas di scarico è generalmente compresa tra i 200 ed i 300 °C. Per ossidare il particolato esistono due diversi approcci: si aumenta la temperatura dei gas di scarico o si abbassa la temperatura di ossidazione con l'aiuto di sostanze catalizzanti.

Nel primo caso l'aumento della temperatura dei gas di scarico viene ottenuta mediante una iniezione in eccesso di combustibile, che viene poi bruciato all'interno di un catalizzatore ossidante provocando in tal modo un innalzamento della temperatura dei gas di scarico.

Nel secondo caso (uso di catalizzatori) ci sono due diverse alternative: o si aggiungono al combustibile sostanze catalizzanti (per esempio biossido di cerio) o il catalizzatore viene depositato sulla superficie attiva del filtro (in questo caso si usano sostanze a base di metalli preziosi come platino, palladio o argento). Ovviamente, come per esempio nel caso di una nota casa automobilistica francese, tali strategie possono essere tra loro combinate.

Nei casi descritti si parla di rigenerazione discontinua e tutto il processo viene gestito da una centralina opportunamente programmata che decide quando è necessaria una rigenerazione.

Esiste poi un'altra strategia in cui il processo di rigenerazione avviene in maniera continua. Si basa sul fatto che il particolato diesel viene ossidato a temperature relativamente basse (fino a 250 °C) dal biossido di azoto secondo la reazione:

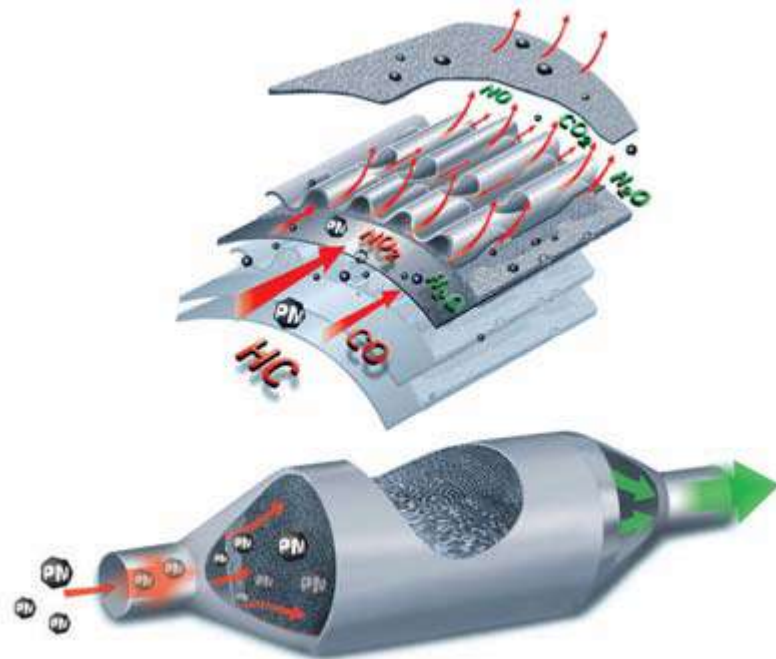


In questo caso è necessario porre a monte del filtro per il particolato un catalizzatore ossidante che trasforma l'ossido di azoto presente nei gas di scarico in biossido di azoto.

Vantaggi del FAP:



- Riduzione dell'ordine del 95-99% delle emissioni in massa delle particelle; riduzione dell'ordine del 90-95% delle emissioni in numero del particolato; la riduzione interessa tutto lo spettro dei diametri delle particelle.
- Sensibile riduzione delle emissioni di monossido di carbonio (CO) e di idrocarburi incombusti (HC), se è presente anche un catalizzatore ossidante, e ininfluenti variazioni delle emissioni di ossidi di azoto (NO_x) ma, sempre in presenza di un catalizzatore ossidante, aumento del rapporto diossido di azoto/biossido di azoto (NO₂/NO).
- Notevole riduzione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e di altri composti organici assorbiti sul particolato.



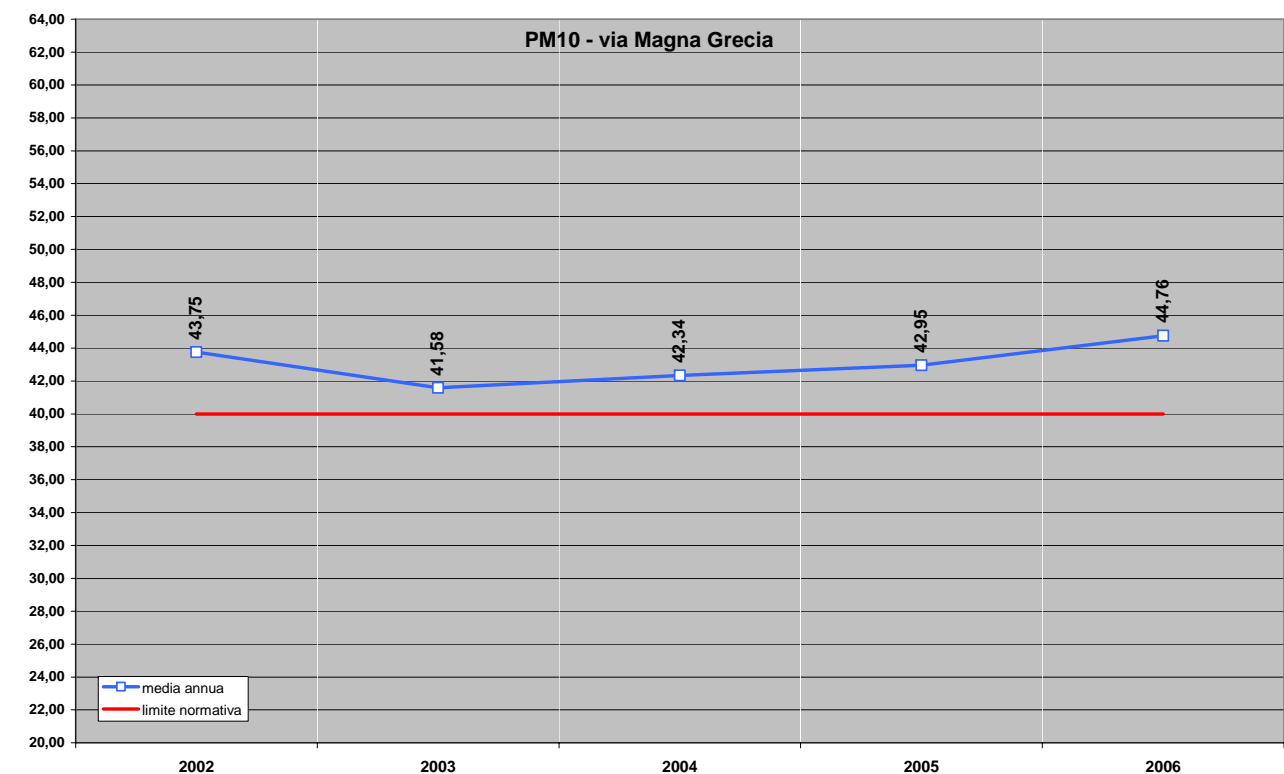
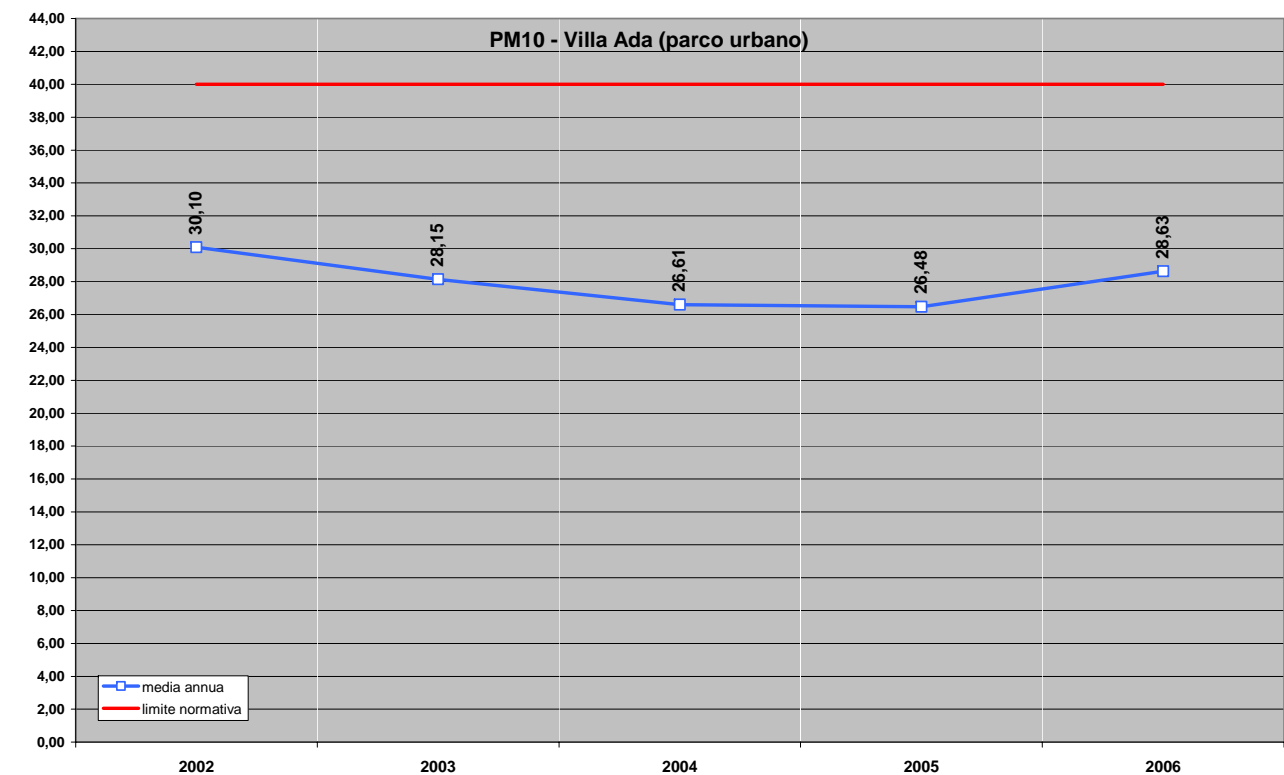
Svantaggi del FAP:

- Lieve aumento dei consumi (+ 3%) a causa della contro-pressione allo scarico causata dal progressivo intasamento del filtro.
- In fase di rigenerazione (per i filtri C-DPF) si può avere un leggero incremento delle emissioni di CO. Sempre durante la rigenerazione in alcuni casi si è registrato un lieve aumento delle emissioni di PM che in ogni caso non compromettono in nessun modo l'efficienza complessiva del sistema. Sono in corso studi.
- Aumento del rapporto diossido di azoto/biossido di azoto (NO₂/NO).

Limitazioni d'impiego dei filtri:

- In presenza di catalizzatore ossidante (CR-DPF) è richiesto l'uso di gasolio a bassissima concentrazione di zolfo (inferiore ai 10 ppm).
- Il filtro antiparticolato deve essere periodicamente sostituito quando, il suo intasamento, nonostante le rigenerazioni, provoca contro-pressioni tali da compromettere la funzionalità del motore. In genere un filtro antiparticolato deve essere sostituito dopo 80.000-100.000 km. Modelli più recenti richiedono una sostituzione ogni 180.000 km.

MATERIALE PARTICELLARE.



Confrontando i dati di due centraline tipo (quella di Villa Ada, background urbano, e quella di via Magna Grecia, nell'area a grande densità di traffico di San Giovanni) si nota una contrazione del valore medio annuale seguita da una ripresa negli anni 2005 e 2006.





Concentrazioni	PM _{2,5}				PM ₁₀			
	1999	2002	2003	2004	1999	2002	2003	2004
media (µg/m ³)	26,8	24,5	25,4	23,4	45,9	43,9	37,8	37,7
dati validi	166	222	268	315	166	186	205	221
copertura (%)	45	60,8	73,4	86,3	45	51,0	56,2	60,5
5 perc (µg/m ³)	9,6	11,5	8,9	8,7	18,1	20,8	16,0	19,7
25 perc (µg/m ³)	16,7	17,6	16,9	14,7	30,3	31,4	25,7	27,2
mediana (µg/m ³)	22,7	22,5	23,8	20,5	42,1	39,4	34,0	33,9
75 perc (µg/m ³)	30,9	28,6	31,8	27,8	57,2	50,4	44,4	42,9
95 perc (µg/m ³)	60,9	44,4	47,2	50,3	86,0	85,8	74,6	74,3
> 30 µg/m ³	43	44	82	64				
> 30 µg/m ³ (%)	25,9	19,8	30,6	20,3				
> 50 (µg/m ³)	18	7	11	17	57	47	38	34
> 50 (%)	10,8	3,2	4,1	5,4	34,3	25,3	18,5	15,4
> 75 (µg/m ³)					17	13	10	11
> 75 (%)					10,2	7,0	4,9	5,0

Fig. 121. PM2,5 e PM10: valori medi annuali e statistiche di base calcolati sulle medie di 24 ore delle concentrazioni di massa; (stazione di rilevamento della qualità dell'aria ISS, anni 1999-2004).

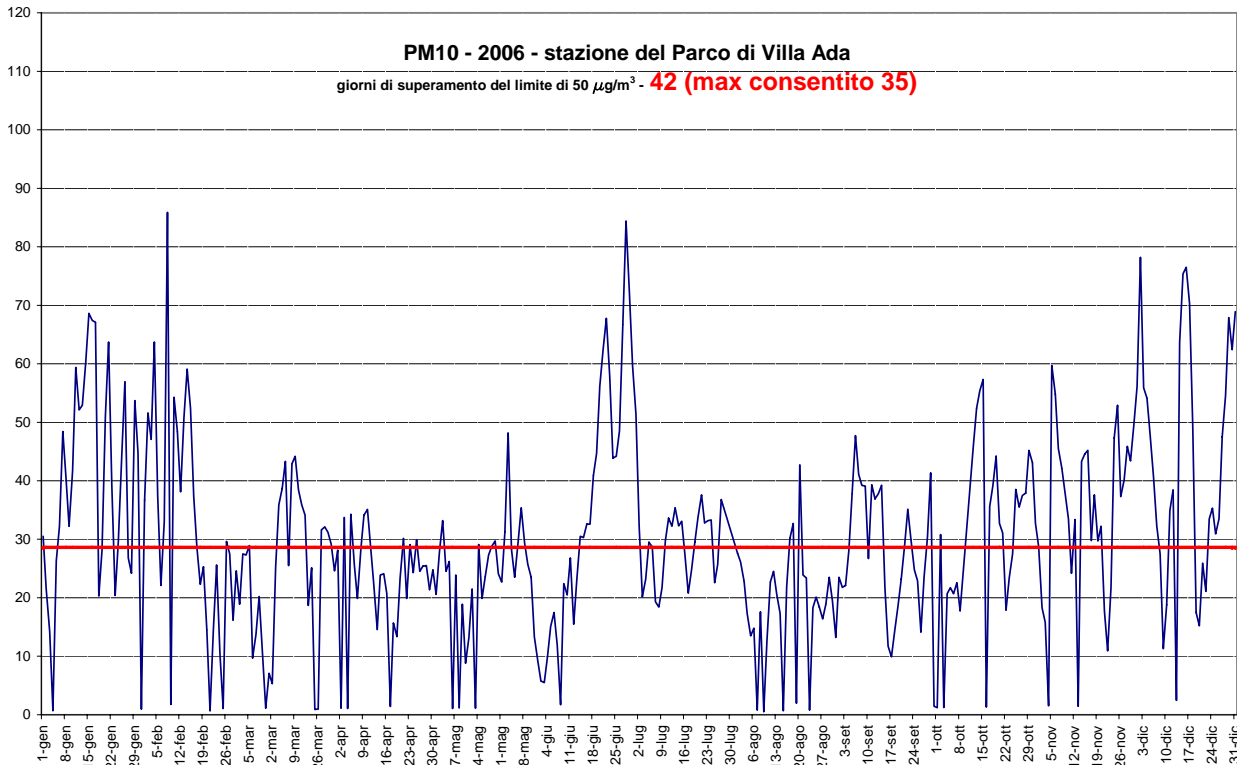
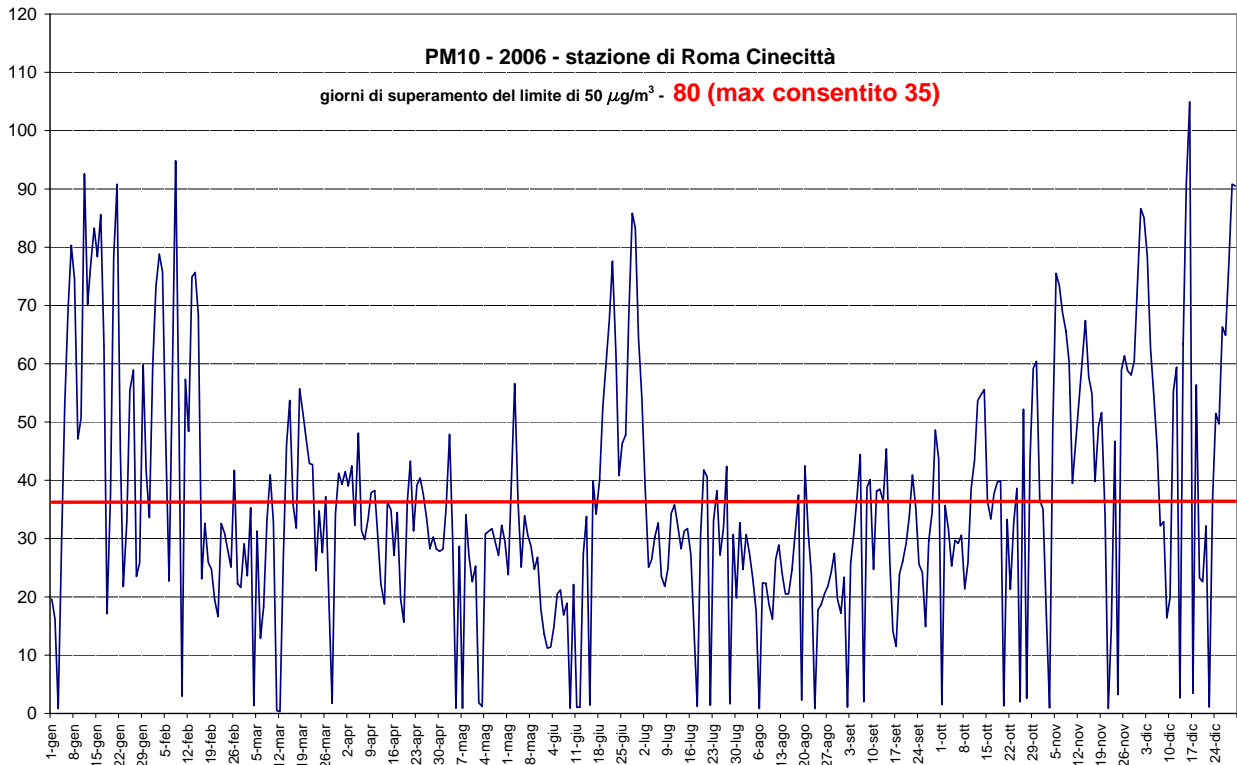
Nella tabella di fig. 18 sono riportati i valori medi annuali e le statistiche di base calcolati sulle medie di 24 ore delle concentrazioni di massa di PM2,5 e PM10 rivelate presso il sito dell'ISS a partire dal 1999 sino al 2004.

Si osserva che le concentrazioni medie annuali di PM10 sono risultate superiori a 40 mg/m³ fino all'anno 2002 (valore limite previsto dal D.Lgs. 60/02 come media annuale su un anno civile da rispettare a partire dal 1 gennaio 2005). Negli anni successivi le concentrazioni medie risultano praticamente sovrapponibili nell'intorno di 38 µg/m³. Come si evince dalla stessa fig. 4, mentre fino alla seconda metà del 2003, la media mobile per il PM10 risultava costantemente superiore ai 40 mg/m³, dalla fine del 2003 si è verificata una riduzione della media mobile al di sotto della soglia dei 40 mg/m³ e nel corso del 2004 non si sono più avuti superamenti di tale valore. La concentrazione media annuale di PM10 risulta sempre inferiore rispetto all'anno precedente. La riduzione complessiva della concentrazione nel 2004 rispetto al 1999 è risultata pari al 18%.

PM10 Stazione di Villa Ada						
Anno	Media annua	80° percentile	20° percentile	Giorni con valore superiore a 30 mg/m ³	Giorni con valore superiore a 50 mg/m ³	Giorni con valore superiore a 80 mg/m ³
2002	30,10	12,87	43,49	67	23	5
2003	28,15	13,24	40,60	142	42	5
2004	26,61	14,24	36,22	123	24	3
2005	26,48	15,38	35,40	109	18	1
2006	28,63	17,70	39,20	153	42	2

PM10 Stazione di via Magna Grecia						
Anno	Media annua	80° percentile	20° percentile	Giorni con valore superiore a 30 mg/m ³	Giorni con valore superiore a 50 mg/m ³	Giorni con valore superiore a 80 mg/m ³
2002	43,75	21,13	62,73	217	108	31
2003	41,58	23,95	57,53	240	108	18
2004	42,34	24,99	57,14	241	112	19
2005	42,95	27,20	59,84	238	110	20
2006	44,76	25,25	55,81	249	123	37

La media mobile del PM2,5 risulta piuttosto costante nell'intorno dei 24-25 µg/m³. La mancanza di completezza nelle serie di dati, la brevità della serie storica, l'assenza di riferimento a dati raccolti in altri siti, rende difficile una valutazione che possa individuare con certezza l'esistenza o meno di una tendenza alla riduzione delle concentrazioni di questa frazione del materiale particolare.

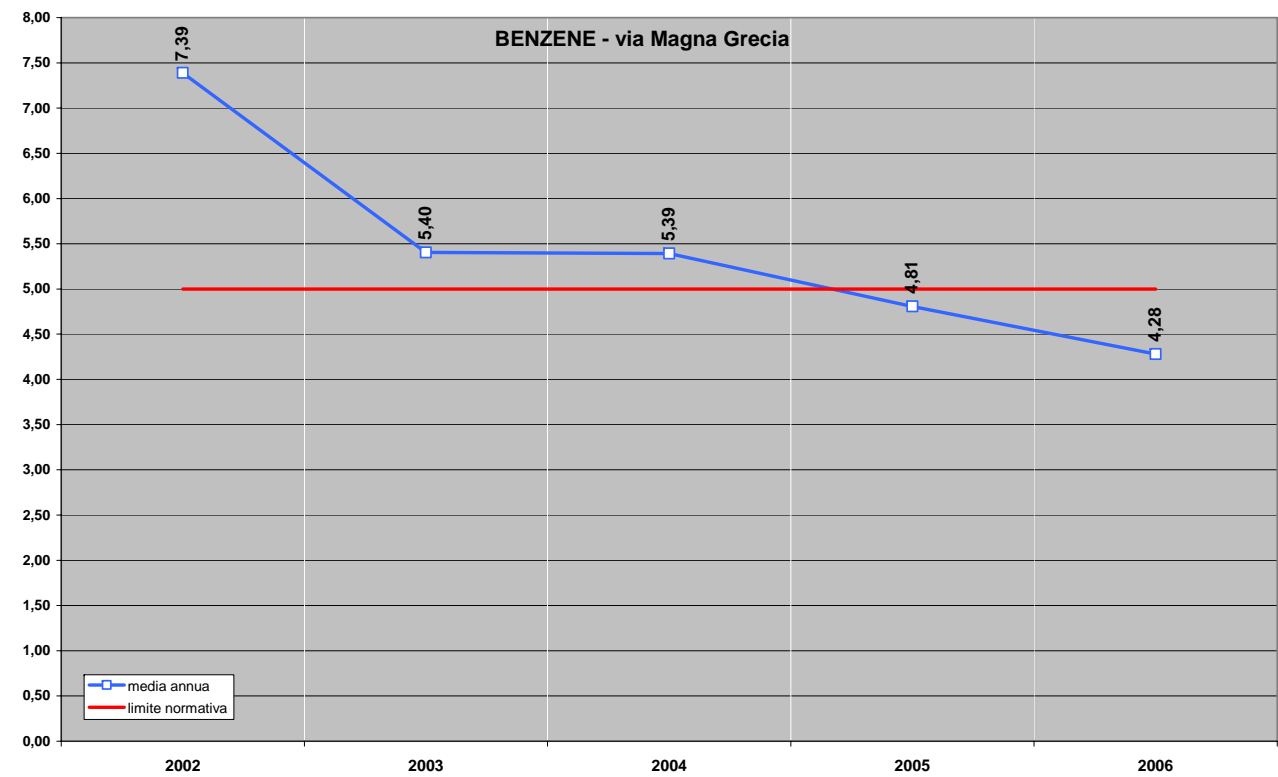


Con la riduzione dei livelli emissivi delle automobili di nuova immatricolazione il livello di polveri sottili è sceso rispetto agli anni Novanta: permane però ben oltre gli obiettivi di qualità dell'aria. Nelle due stazioni, una nel Parco di Villa Ada, l'altra in uno degli incroci più trafficati della città si notano i picchi in corrispondenza dei periodi di bel tempo e assenza di venti (periodo di gennaio-febbraio e giugno-luglio). Si noti come i livelli di polveri tendano a uniformarsi su tutta l'area urbana.





BENZENE. Nelle analisi dei dati resi disponibili dalle centraline di rilevamento urbane si nota un andamento decrescente delle concentrazioni del benzene come degli altri Composti Organici Volatili, su base annuale. Dal 2005, la media annua nei siti più trafficati come quello di San Giovanni – via Magna Grecia si evidenzia un valore inferiore a quello previsto dalla normativa (in vigore dal 2010) di 5 µg/m³.

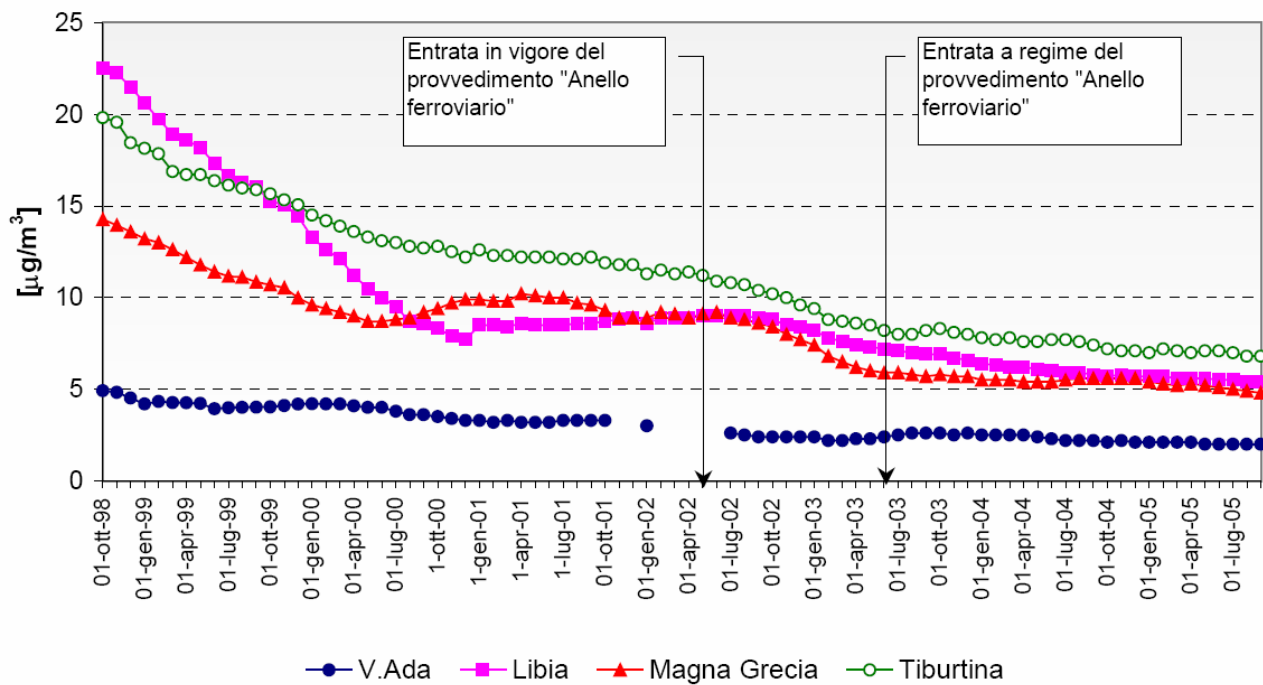
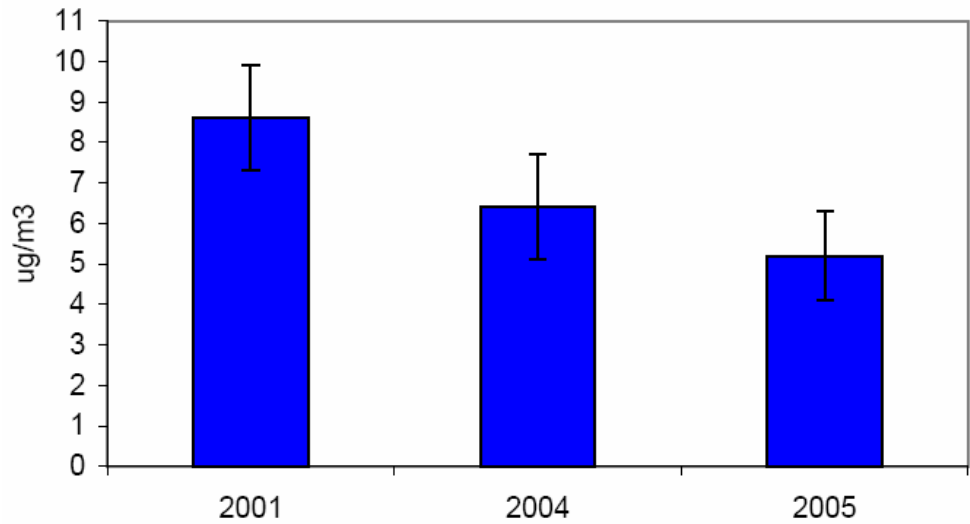


Benzene

Stazione di via Magna Grecia

Anno	Media annua	80° percentile	20° percentile	Giorni con valore superiore a 5 µg/m³	Giorni con valore superiore a 7 µg/m³	Giorni con valore superiore a 10 µg/m³
2002	7,39	3,65	10,32	199	134	67
2003	5,40	2,99	7,45	161	83	28
2004	5,39	2,87	7,47	149	77	27
2005	4,81	2,48	6,54	120	59	20
2006	4,28	2,20	5,97	104	44	13

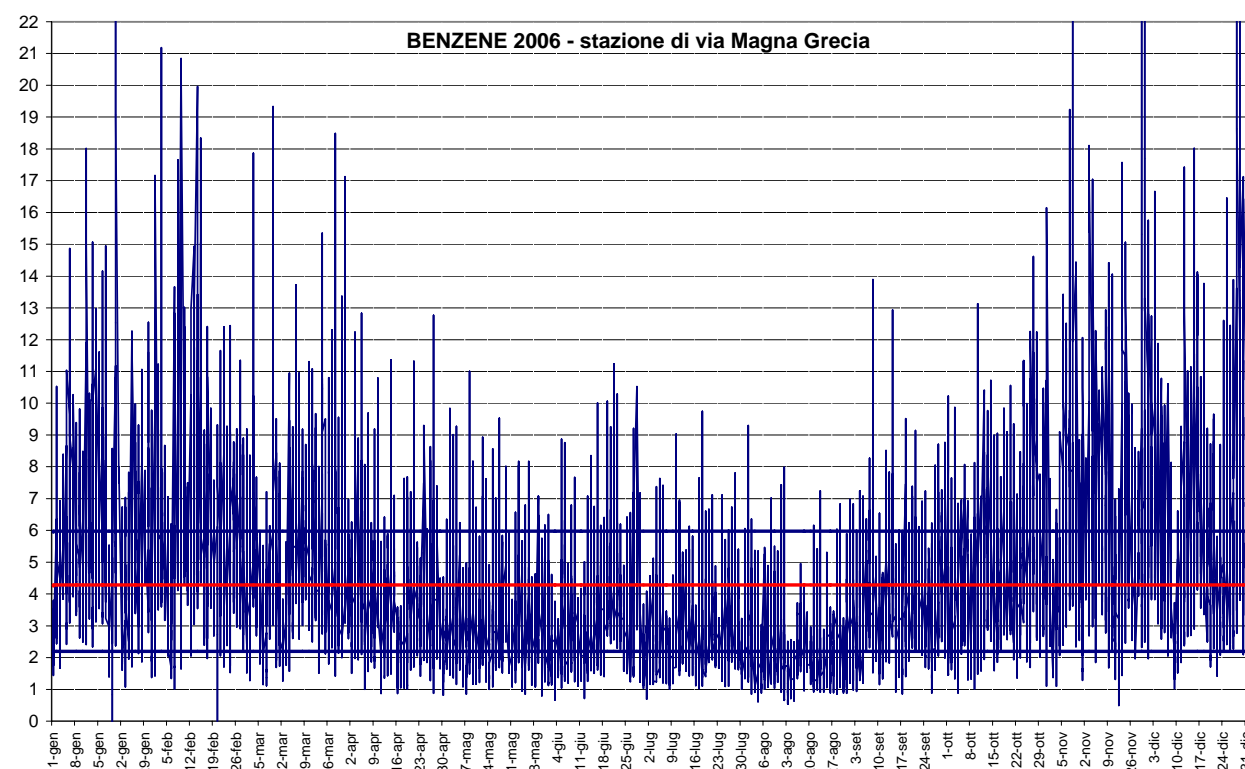
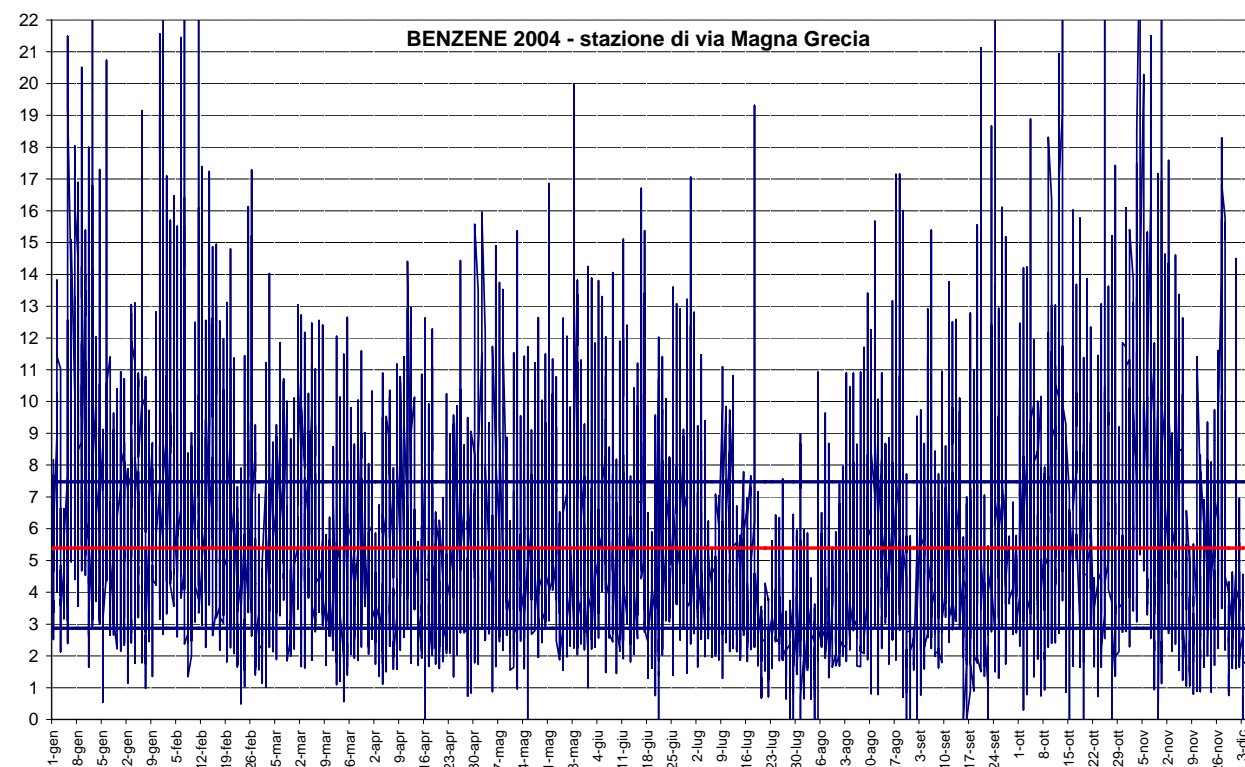
ZTL Centro Storico



Per quanto riguarda il monitoraggio della qualità dell’aria nel Centro Storico, i risultati ottenuti mediante il monitoraggio ad alta risoluzione spaziale risultano in accordo con quanto evidenziato dai dati di benzene rilevati dalle stazioni della rete fissa di monitoraggio della qualità dell’aria. Considerando, infatti, la variazione della media mobile del benzene, dal 1 gennaio 2001 al 1 gennaio 2005, nelle quattro centraline dotate di analizzatore si nota una diminuzione media del 41% mentre, contestualmente, sulla base dei dati normalizzati delle concentrazioni riscontrate mediante l’utilizzo dei campionatori passivi, la riduzione risulta di circa il 31%.

Gli effetti positivi della diminuzione del tenore di benzene e idrocarburi aromatici delle benzine, disposta dalla normativa nazionale, sono evidenti in numerose città italiane. Occorre comunque sottolineare che nella città di Roma, seppure il trend in diminuzione sia osservabile già negli anni successivi al 1998, con l’entrata a regime del provvedimento “Anello ferroviario” è stato dato un ulteriore impulso alla riduzione della concentrazione di benzene; nel grafico, che illustra l’andamento della concentrazione di benzene rilevata dalle stazioni di monitoraggio, a partire dal 2003, (anno di entrata a regime del provvedimento) si nota, infatti, un cambiamento di pendenza della curva. La limitazione della circolazione per gli autoveicoli non catalitici all’interno dell’Anello ferroviario ha favorito un’accelerazione del ricambio del parco veicolare, con una ripercussione positiva sulla qualità dell’aria su tutto il territorio comunale. Infatti, i risultati del monitoraggio ad alta risoluzione spaziale hanno messo in evidenza l’assenza di differenze statisticamente significative tra la concentrazione di benzene misurata all’interno dell’Anello e quella misurata all’esterno (area compresa tra l’Anello e il G.R.A.). L’analisi dei dati relativi alla ZTL Centro Storico mette in evidenza la stretta relazione tra traffico veicolare e inquinamento atmosferico di tipo primario e come i provvedimenti di restrizione della circolazione apportino indubbi miglioramenti nella qualità dell’aria. In tale area, infatti, si osserva una diminuzione della concentrazione di benzene di circa il 40% dal 2001 al 2005. Inoltre, dai dati relativi alla campagna del 2005 nella ZTL A1 (Tridente), interna alla ZTL Centro Storico e soggetta a ulteriore restrizione della circolazione, la concentrazione di benzene è risultata inferiore del 21% rispetto a quest’ultima. Ad oggi la concentrazione del benzene misurata nel Comune di Roma risulta in accordo con quanto disposto dalla normativa nazionale infatti, in due centraline (Villa Ada e Magna Grecia) la media mobile annua è già al di sotto del limite dei 5 µg/m³ che, secondo la normativa, europea e nazionale, dovrebbe essere raggiunto nel 2010, mentre nelle altre due centraline (Tiburtina e Libia) i valori sono ben al di sotto del limite aumentato del margine di tolleranza per cui si prevede il raggiungimento del limite dei 5 µg/m³ per il 2010.





La situazione del contenuto di benzene – e in generali dei Composti Organici Volati – è in netto miglioramento, grazie soprattutto alle nuove miscele adottate per i carburanti. Al 2006, anche se come in altre parti della città, si evidenzia un valore di media annuale nei limiti prescritti dalla normativa permangono situazioni di forte criticità in cui le concentrazioni mensili superano di 3 o 4 volte il valore di riferimento di qualità dell'aria.

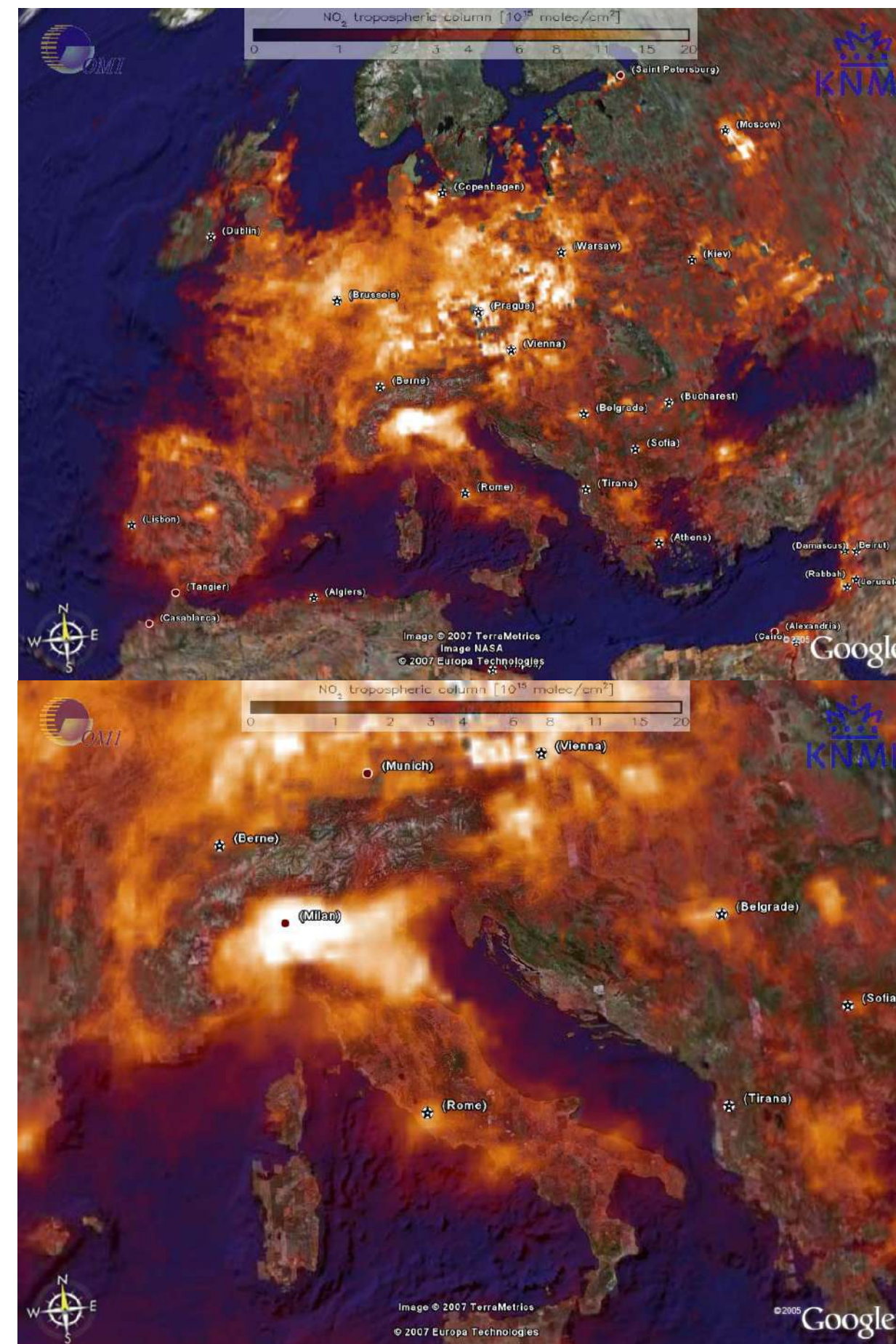
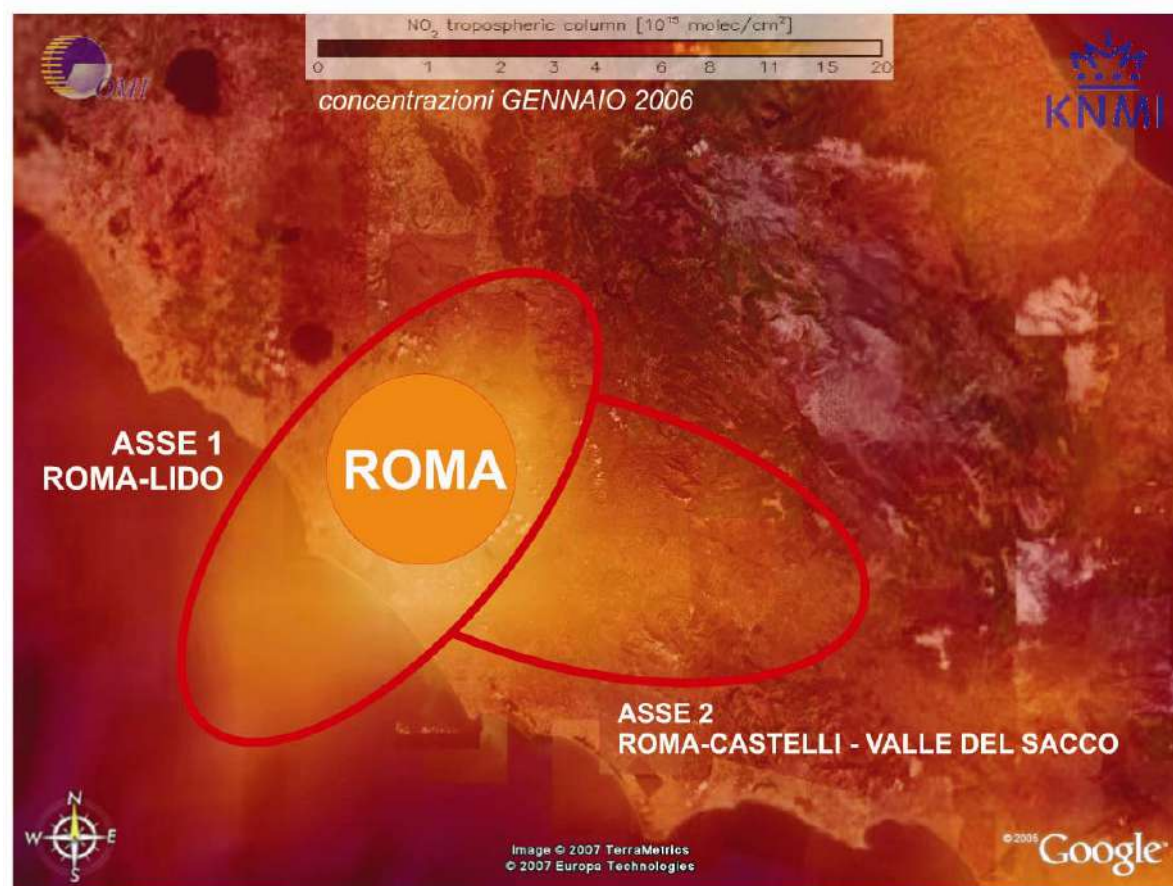
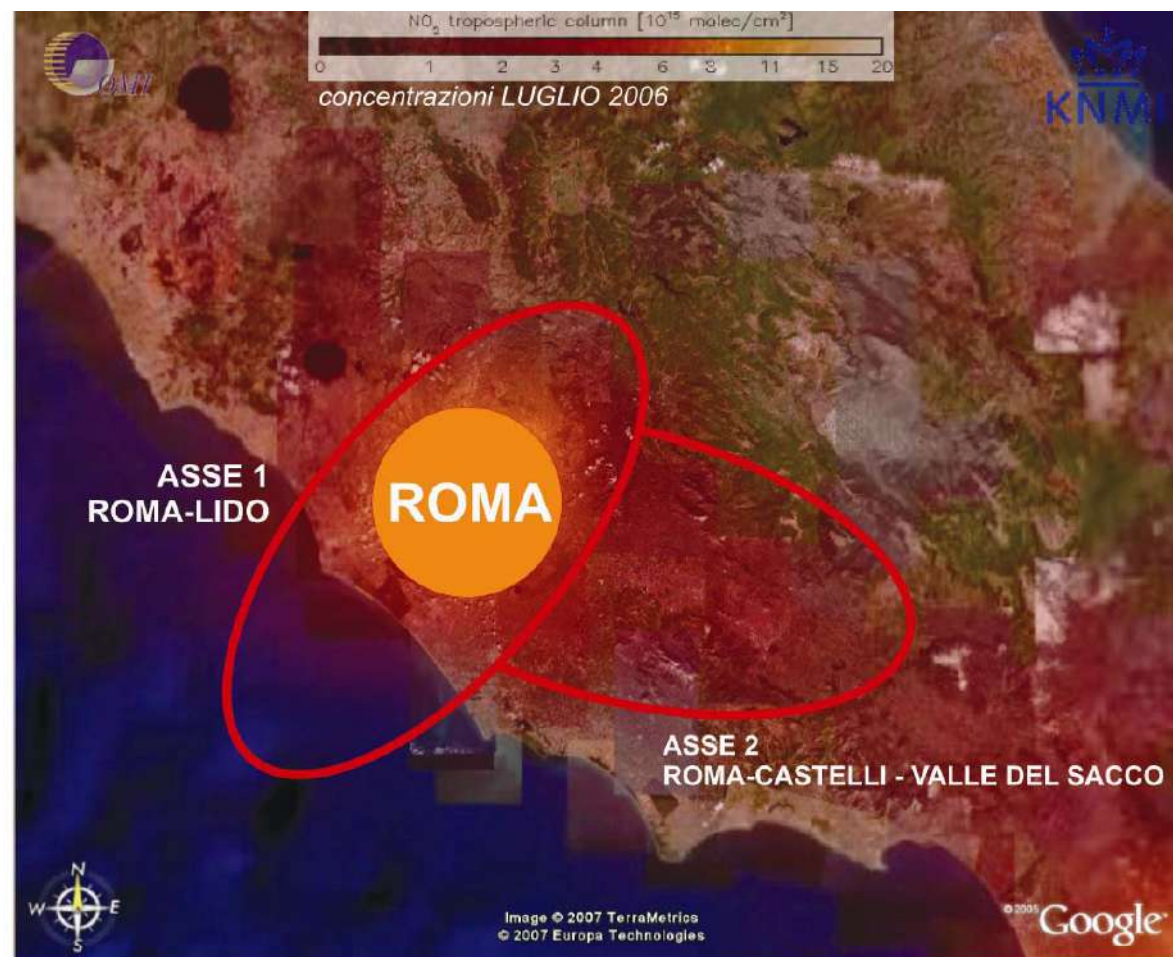


Fig. 122. Biossido d'azoto - Altezza della colonna troposferica – gennaio 2006.

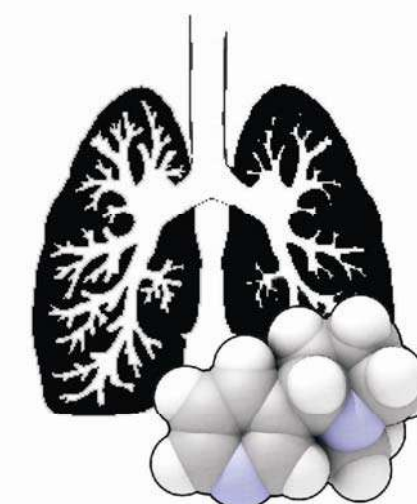


UN RAPIDO AUMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DELLE POLVERI FINI (PM10)



- 1) indebolisce la funzione polmonare e può scatenare delle gravi crisi di bronchite.
- 2) ha come conseguenza un incremento del 10% delle crisi d'asma dei bambini.

SUL LUNGO PERIODO UN AUMENTO DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA DELLE POLVERI FINI (PM10) PROVOCA UN RISCHIO ELEVATO DI CANCRO AL POLMONE.



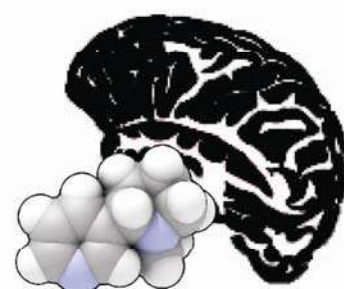
PARTICOLATO SOTTILE: elementi di criticità -1-

LE NANOPOLVERI (PM_{2,5}) CHE COMPONGONO LE POLVERI FINI (PM₁₀) PENETRANO NEL NASO E TRANSITANO LUNGO LE FIBRE NERVOSE FINO A GIUNGERE AL CERVELLO DOVE LE SI RITROVA ALL'INTERNO DELLE CELLULE NERVOSE.



Le nanopolveri (pm_{2,5}) che compongono le polveri fini possono irritare le cellule del cervello nello stesso modo riscontrato nelle cellule di pazienti colpiti da Alzheimer.

L'intrusione delle polveri più fini (PM_{2,5}) nelle cellule nervose del cervello provocano delle infiammazioni che sono tipiche dei segni precursori della malattia d'Alzheimer.

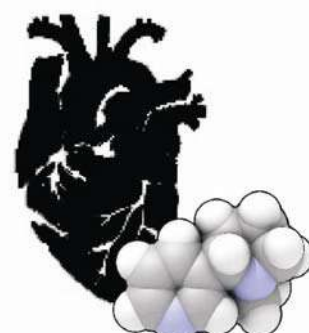


IL RISCHIO D'INFARTO DEL MIOCARDIO AUMENTA CON L'AUMENTARE DELLA CONCENTRAZIONE DELLE POLVERI FINI.



I picchi di concentrazione di PM₁₀ causano un incremento dei ricoveri ospedalieri per patologie a carico dell'apparato cardiovascolare.

Aritmie cardiache sono frequenti in persone che sono state esposte per almeno 20-25 min ad alti livelli di concentrazione di PM₁₀.



PARTICOLATO SOTTILE: elementi di criticità -2-

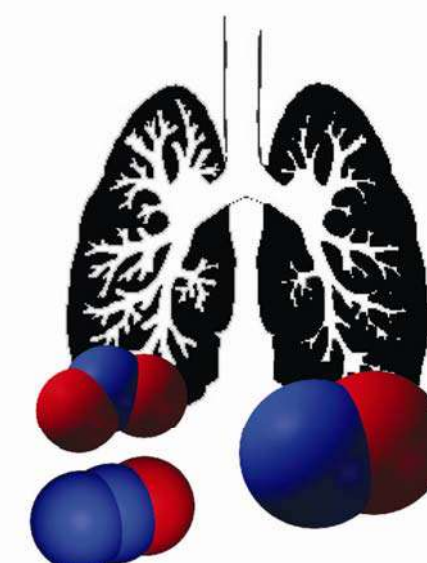
IL DIOSSIDO DI AZOTO (NO₂) È IL PIÙ PERICOLOSO DEGLI OSSIDI DI AZOTO: È UN GAS IRRITANTE CHE RIDUCE LE DIFESE CONTRO LE INFEZIONI ALLE VIE RESPIRATORIE.



Gli ossidi di azoto penetrano nelle ramificazioni più fini dei polmoni causando difficoltà respiratorie.

Nelle persone affette da asma gli ossidi di azoto causano iper-reattività dei bronchi.

NEI BAMBINI GLI OSSIDI DI AZOTO AUMENTANO LA SENSIBILITÀ DEI BRONCHI ALLE INFEZIONI.



OSSIDI DI AZOTO: elementi di criticità.

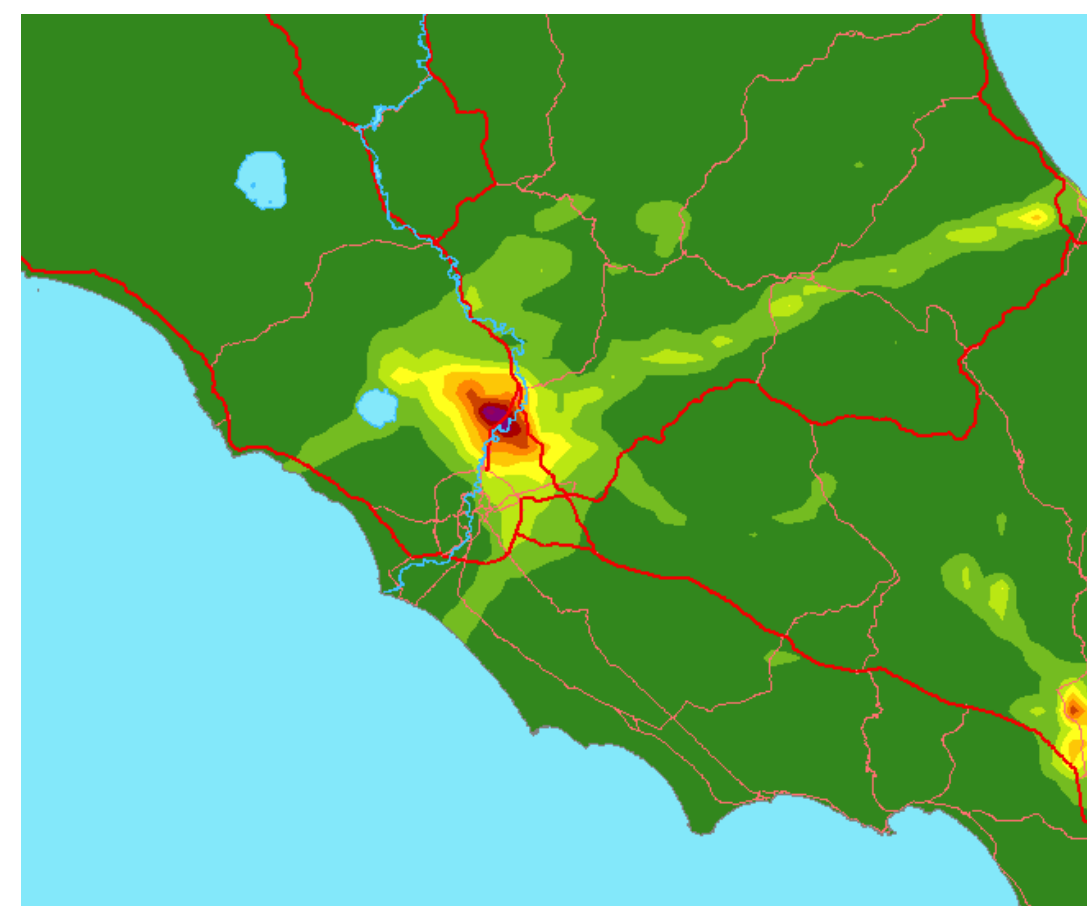
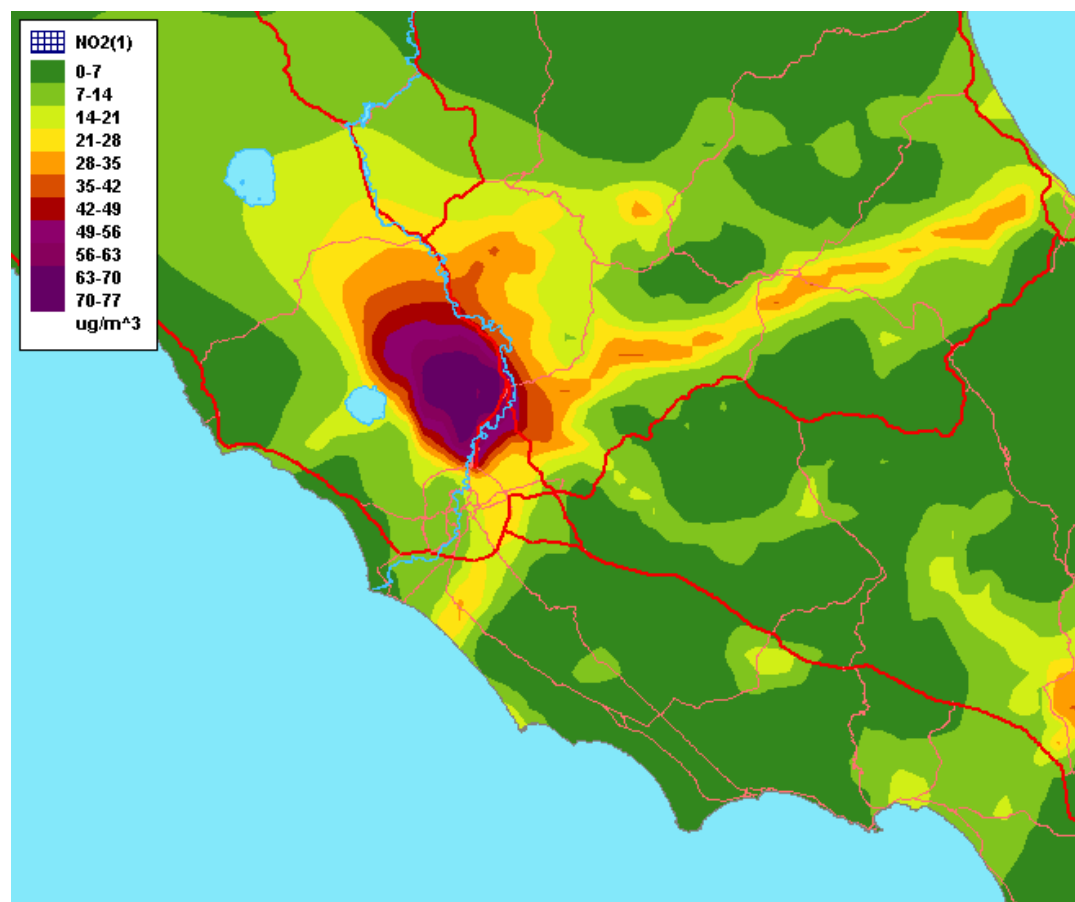


Fig. 123. Biossido di azoto: concentrazione in inverno e in estate (modellazione progetto Air4EU).

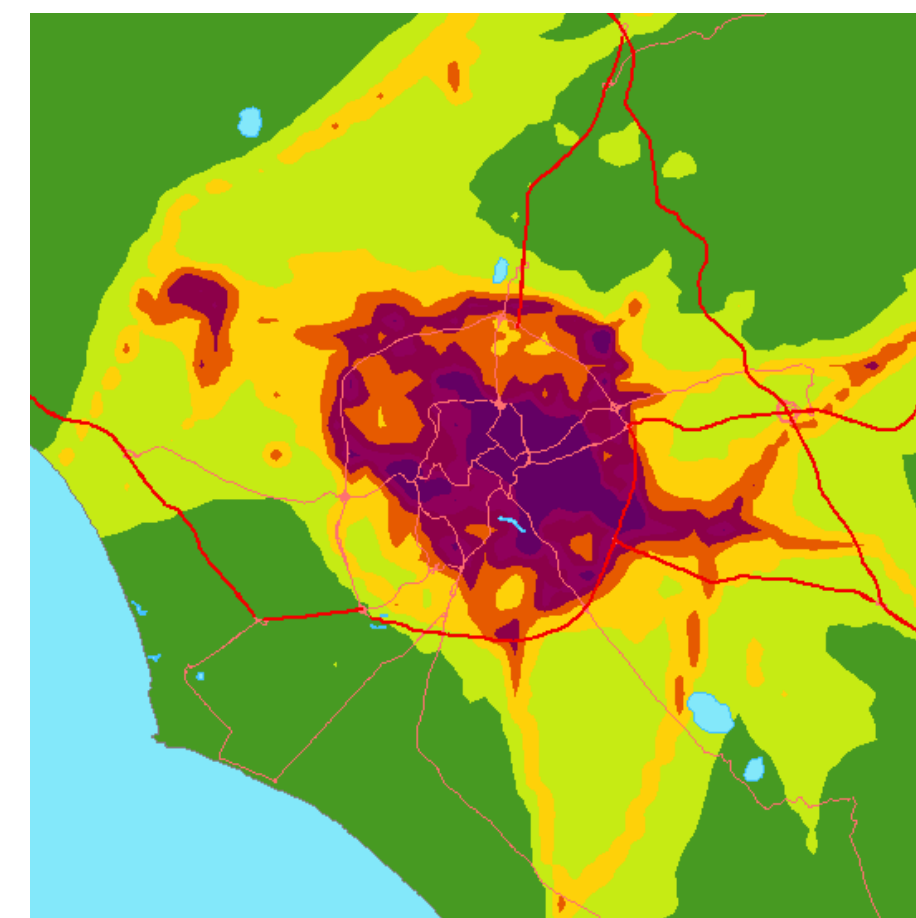
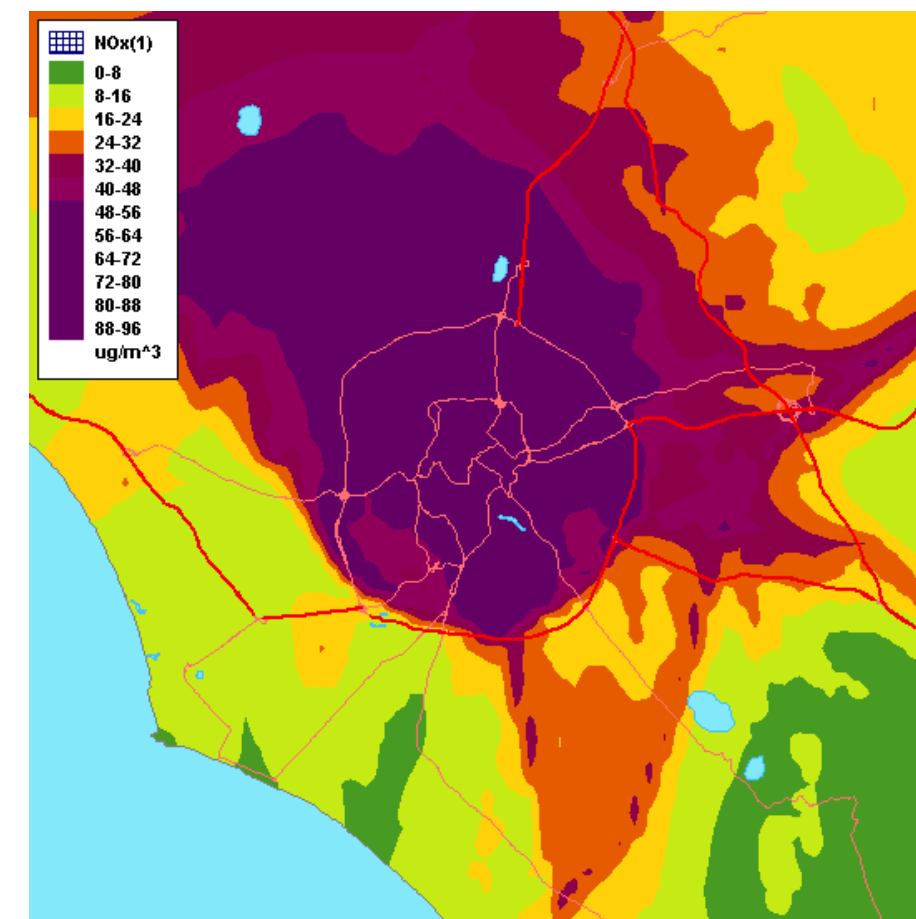


Fig. 124. Biossido di azoto: concentrazione in inverno e in estate (modellazione progetto Air4EU).

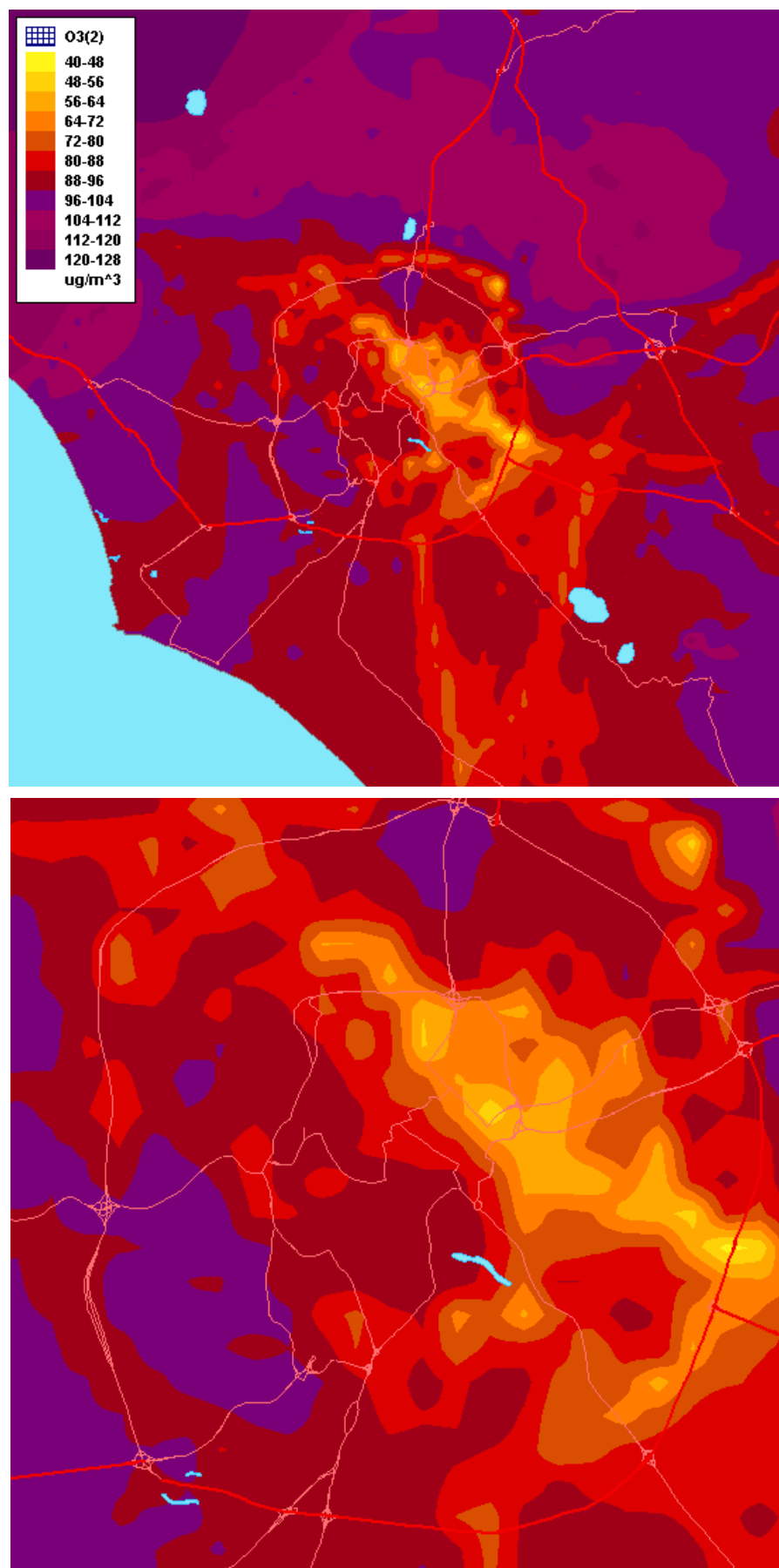


Fig. 125. Ozono: concentrazione previste per il mese di giugno (modellazione progetto Air4EU).

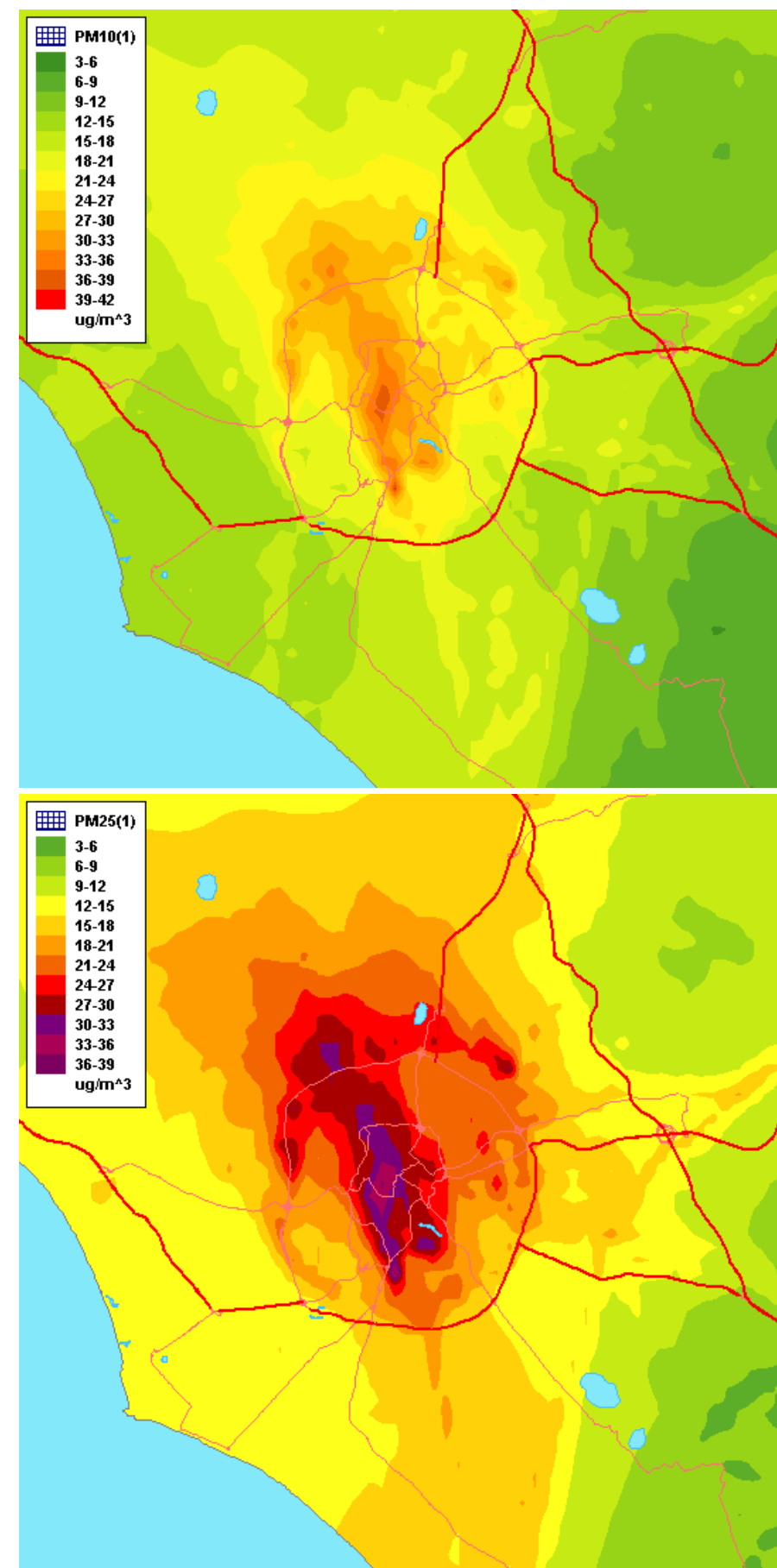


Fig. 126. PM10 - in alto - e PM2.5 - in basso : concentrazione previste in gennaio (modellazione progetto Air4EU).

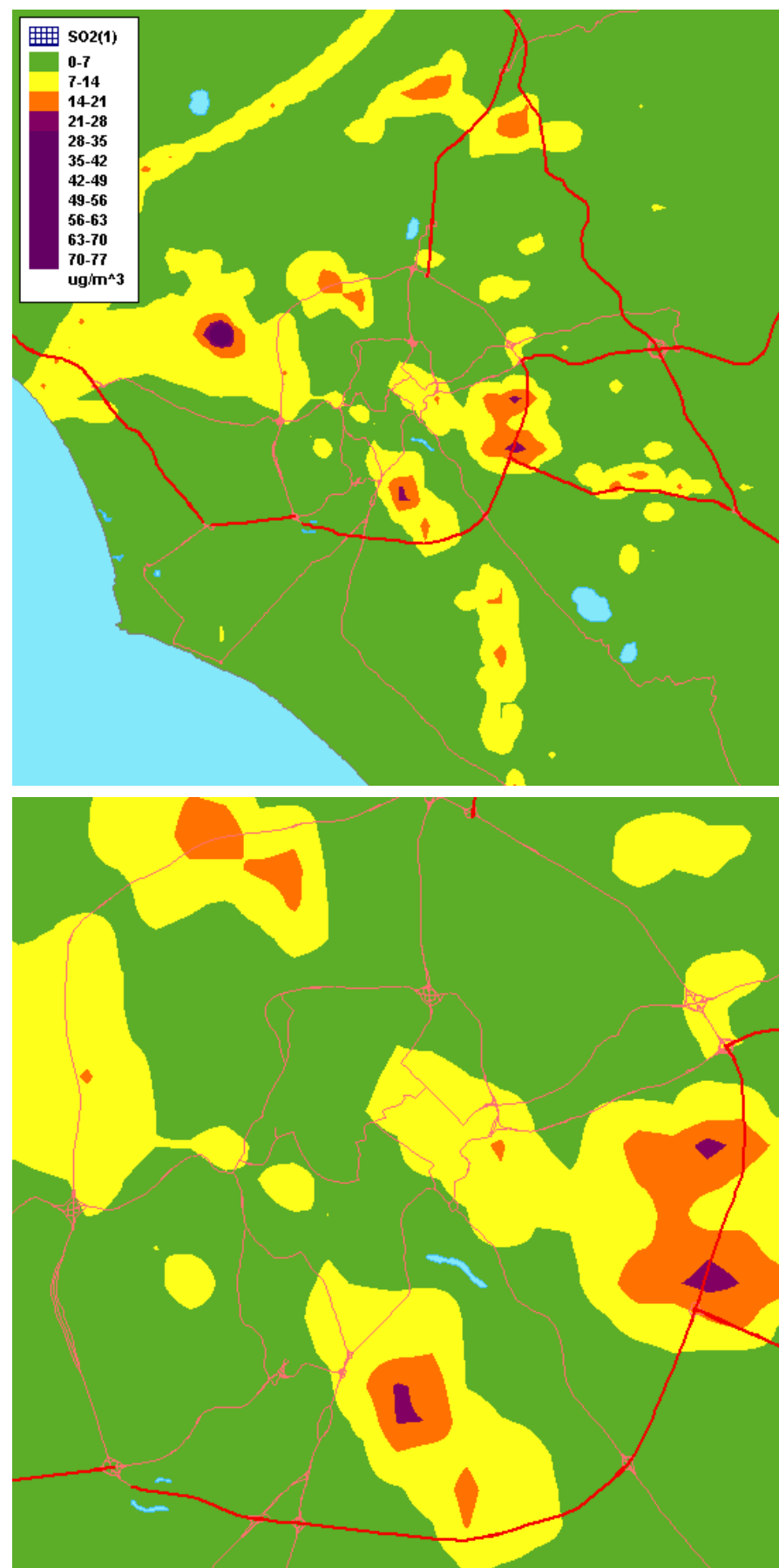


Fig. 127. Biossido di zolfo: concentrazione previste in gennaio (modellazione progetto Air4EU).

CARCINOGENESI DEGLI IDROCARBURI

Dall'analisi delle Statistiche di morbilità e mortalità emerge che l'incidenza di alcune patologie, tra cui il cancro, è aumentata in misura significativa negli ultimi decenni. Sebbene le cause di questo aumento non siano ancora del tutto accertate, e vi concorrono senz'altro anche le abitudini voluttuarie personali come fumo e alimentazione, è plausibile ritenere che l'esposizione a determinate sostanze chimiche abbia un ruolo significativo, anche alla luce di specifiche dimostrazioni sperimentali altamente significative.

La **carcinogenesi** è stata definita come un processo a più stadi che coinvolge sia i processi cellulari, che conducono alla trasformazione neoplastica e alla crescita incontrollata delle cellule tumorali, sia i meccanismi di difesa dell'ospite, primi fra tutti quelli del sistema immunitario.

Le sostanze chimiche che circolano nel mercato comunitario sono circa 100 mila, ma solo l'1% di queste è stato adeguatamente testato per valutarne le caratteristiche di sicurezza e gli eventuali danni che da esse possono derivare alla salute e all'ambiente.

Molte molecole di sintesi sono scarsamente biodegradabili, si accumulano nell'ambiente ed entrano nel ciclo alimentare. Il latte materno contiene quantità sempre più elevate di sostanze chimiche sintetiche quali i policlorobifenili, o sostanze ritardanti di fiamma, come il derivato pentabromato dell'ossido di difenile. Alcuni disturbi del sistema riproduttivo e dello sviluppo, osservati nella fauna selvatica e, in particolare, nei mammiferi marini, sono stati correlati a sostanze che alterano il sistema endocrino (endocrine disruptors), come i composti policiclici.

Nell'uomo è stato dimostrato con certezza che l'amianto provoca tumori polmonari e mesoteliomi della pleura, il benzene induce la leucemia, il monomero del cloruro di vinile provoca l'angiosarcoma epatico.

I provvedimenti di divieto di utilizzo, o di controllo dell'esposizione a queste sostanze sono giunti purtroppo soltanto dopo il verificarsi dei danni, in quanto né i lavoratori addetti alla produzione né i consumatori finali ne conoscevano gli effetti negativi per la salute e per l'ambiente.

Nella storia della carcinogenesi chimica, i primi ragionamenti scientifici riguardanti l'associazione tra cancro ed esposizioni occupazionali possono essere datati intorno alla metà del sedicesimo secolo, quando Theophrastus Bombastus von Hohnheim, meglio conosciuto come Paracelso, in base alle sue osservazioni nelle miniere dell'Austria, e in diversi altri luoghi nell'Europa, nel 1567 descrisse la "malattia che fa deperire i minatori". Egli ipotizzò che l'esposizione ad alcuni minerali naturali come il realgar (solfuro di arsenico) potesse essere la causa di questa condizione. Sebbene la patologia osservata fosse probabilmente legata alla radioattività emessa dai prodotti di decadimento del gas radon piuttosto che all'arsenico, Paracelso è stato indubbiamente uno dei primi uomini di scienza che abbiano considerato un composto chimico come un possibile carcinogeno occupazionale.

Uno studio più sistematico su particolari patologie correlate con i vari tipi di lavoro è stato pubblicato nel 1700 da Bernardino Ramazzini, che può perciò essere considerato il fondatore della medicina occupazionale. Più tardi nello stesso secolo, nel 1775, due medici inglesi, John Hill e Percivall Pott, ebbero l'intuizione che alcuni tumori potevano essere causati da fattori ambientali. Percival Pott pubblicò la sua fondamentale monografia su una malattia professionale degli spazzacamini, il cancro dello scroto, che documentava che questo tumore poteva essere causato dai residui di fuliggine non rimossi. Nel 1822, John Ayrton Paris ipotizzò che anche i vapori di arsenico potessero contribuire al manifestarsi del tumore dello scroto nei lavoratori della Cornovaglia e del Galles addetti alla fusione del rame. Alla fine del diciannovesimo secolo, divenne evidente che le esposizioni occupazionali a determinati agenti chimici o a loro miscele avevano effetti carcinogeni. Ad esempio, Richard von Volkmann e Joseph Bell confermarono le iniziali osservazioni di Pott nel descrivere i casi di numerosi tumori dello scroto nelle industrie della paraffina di Scozia e Germania.

Facendo un salto, nei primi decenni del '900, si assiste alla prima indagine sistematica mediante la riproduzione delle patologie neoplastiche in sistemi sperimentali. Dopo molti fallimenti iniziali il patologo giapponese Katsusaburo Yamagiwa e il suo assistente Koichi Ichicawa riuscirono a riprodurre il cancro in animali da laboratorio, con gli esperimenti sui tumori epiteliali maligni generati mediante applicazione di bitume di carbone sulle orecchie di conigli, a partire dal 1915. Questi esperimenti pionieristici segnarono il passaggio nell'era moderna della ricerca sperimentale sul cancro.

Durante quegli anni, l'identificazione dei singoli carcinogeni entro miscele complesse era molto difficile, ma nel 1930, per la prima volta, Sir Ernst Kennaway e i suoi collaboratori del Royal Cancer Hospital di Londra dimostrarono che un singolo **idrocarburo policiclico aromatico** (PAH) ad elevato peso molecolare come il dibenzantracene (DBA) induceva tumori nei topi. Un altro composto attivo, isolato da due tonnellate di pece di catrame di carbone risultò essere un altro idrocarburo policiclico aromatico, il benzopirene pentaciclico (BP). Studi paralleli con ammine aromatiche, o con composti correlati, hanno arricchito i dati sulla carcinogenicità dei prodotti chimici industriali che erano stati messi in circolazione durante questo tempo.

Nel frattempo, altri studiosi fornirono evidenze per la epatocarcinogenicità dei coloranti amminoazoici come l'oamino- azotoluene e l'N, N- dimetil-4-aminoazobenzene (DAB o giallo burro) nei ratti. Nel 1941 fu pubblicato il primo rapporto sulla tumorigenesi nei ratti in vescica, fegato, rene, pancreas e polmone, indotta dal 2-acetilaminofluorene (AAF), una arilamide usata come pesticida. Dal 1940, evidenze per la carcinogenesi chimica negli uomini, inizialmente alimentate da osservazioni di singoli casi sono state completate con dati sperimentali estesi.

Nel tempo si è dimostrato che moltissimi sono gli agenti che possono causare tumore. Annualmente, ormai da diverso tempo, la IARC (International Agency for Research on Cancer) di Lione (una branca dell'Organizzazione Mondiale della Sanità) pubblica un dettagliato resoconto sui carcinogeni accertati sia in campo umano che in campo

Nei rapporti della IARC le sostanze cancerogene accertate o fortemente sospettate come tali ammontano ormai a parecchie centinaia.

Siamo tutti quotidianamente esposti a miscele di composti con differenti gradi di attività biologica. Si tratta di sostanze tossiche e non tossiche, che includono inquinanti organici persistenti che sono capaci di accumularsi negli organismi viventi, interagire gli uni con gli altri e causare effetti tossici aggiuntivi o sinergici nell'ambiente e negli organismi viventi.

Esiste una forte correlazione tra lo stato di salute delle popolazioni e le loro modalità di esposizione ad agenti inquinanti presenti nelle diverse matrici ambientali (aria, acqua, suolo).

In particolare vanno ricordate le esposizioni di natura non volontaria agli inquinanti atmosferici, ai contaminanti dell'acqua potabile e agli agenti rilasciati nel suolo e nelle falde acquifere dal trattamento dei rifiuti.

Le malattie croniche registrate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità, con particolare riguardo ai tumori, crescono ovunque in modo allarmante, ma soprattutto nei paesi fortemente industrializzati, nei quali l'incidenza dei tumori è in costante crescita dal 1950, e l'inquinamento chimico contribuisce a tale fenomeno in misura davvero rilevante.

Secondo uno studio recente, prodotto dall'Istituto Tumori Regina Elena di Roma, su 400 decessi per cancro che si verificano ogni giorno in Italia, 360 (il 90%) sono una diretta conseguenza dell'inquinamento ambientale. L'Istituto Nazionale per la ricerca sul Cancro di Milano ha rilevato, per chi vive in città, un aumento del 20-40 per cento (rispetto a chi vive in campagna) del rischio di contrarre un tumore ai polmoni, principalmente a causa dell'inquinamento atmosferico.

Uno dei principali responsabili dell'inquinamento atmosferico nelle aree urbane è il traffico automobilistico che immette nell'atmosfera, oltre ad altre sostanze nocive come l'ossido di carbonio, anche polveri sottili che veicolano metalli pesanti e idrocarburi policiclici aromatici che vengono respirati (per molti di tali idrocarburi l'Organizzazione Mondiale della Sanità e la IARC hanno accertato un alto livello di cancerogenicità).

È importante inoltre considerare che l'esposizione agli inquinanti di sicuro impatto sulla salute umana può avvenire in differenti ambienti di vita, luoghi di lavoro, ambiti domestici e ricreativi.

Dati epidemiologici sulle variazioni geografiche e temporali nell'incidenza del cancro e studi sulle popolazioni migranti e sui loro discendenti hanno dimostrato che gli individui acquisiscono il quadro di rischio di cancro delle nazioni in cui si sono trasferiti, dimostrando che l'esposizione ambientale rende un contributo sostanziale ai tumori umani.

Questi studi, insieme con quelli sugli stili di vita e sulle abitudini conducono alla conclusione che la grande maggioranza (oltre l'80%) dei decessi per tumore nei paesi industrializzati può essere attribuito a fattori come tabacco (30%), dieta (35%) alcool, infezioni ed esposizioni occupazionali.

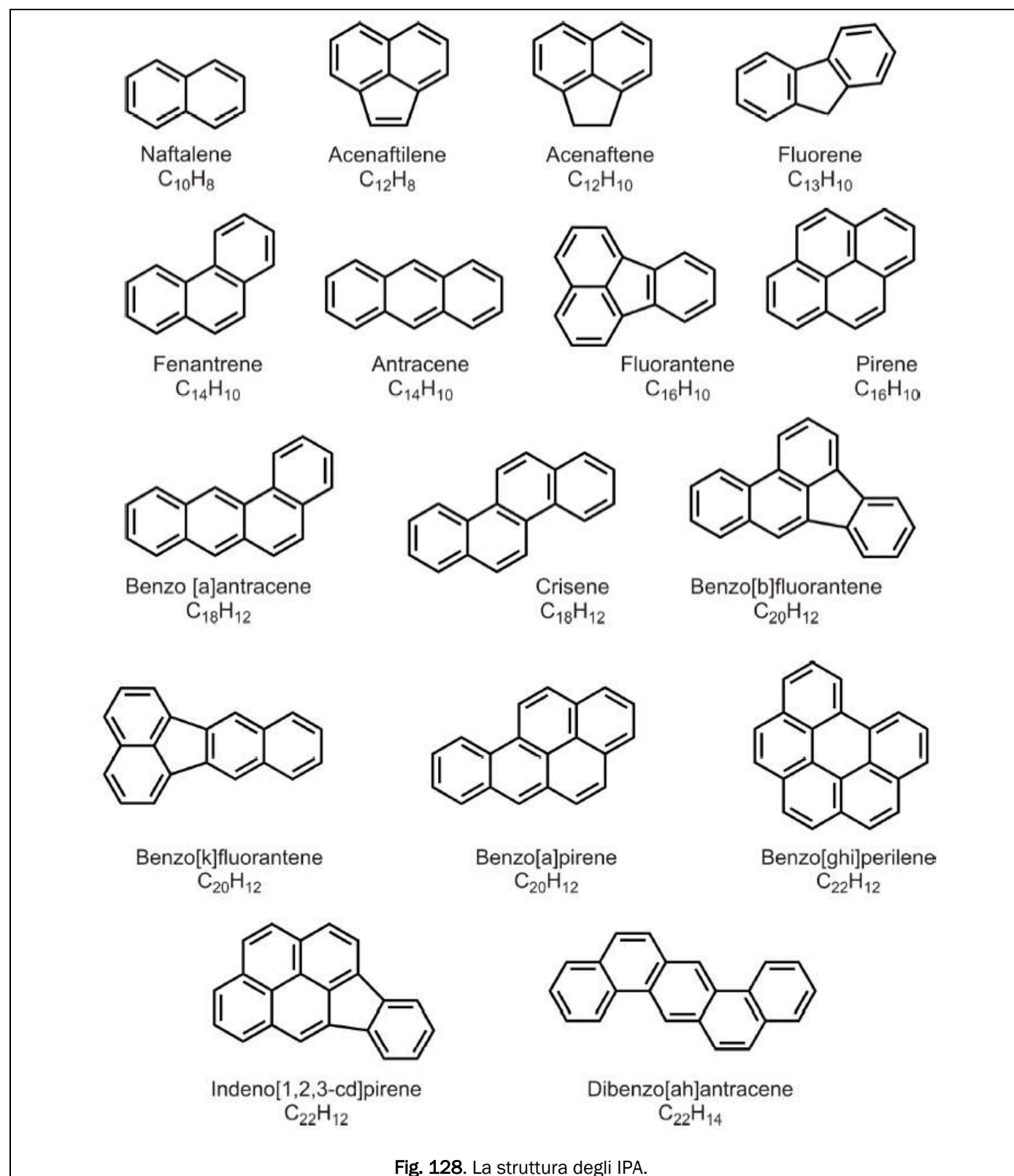
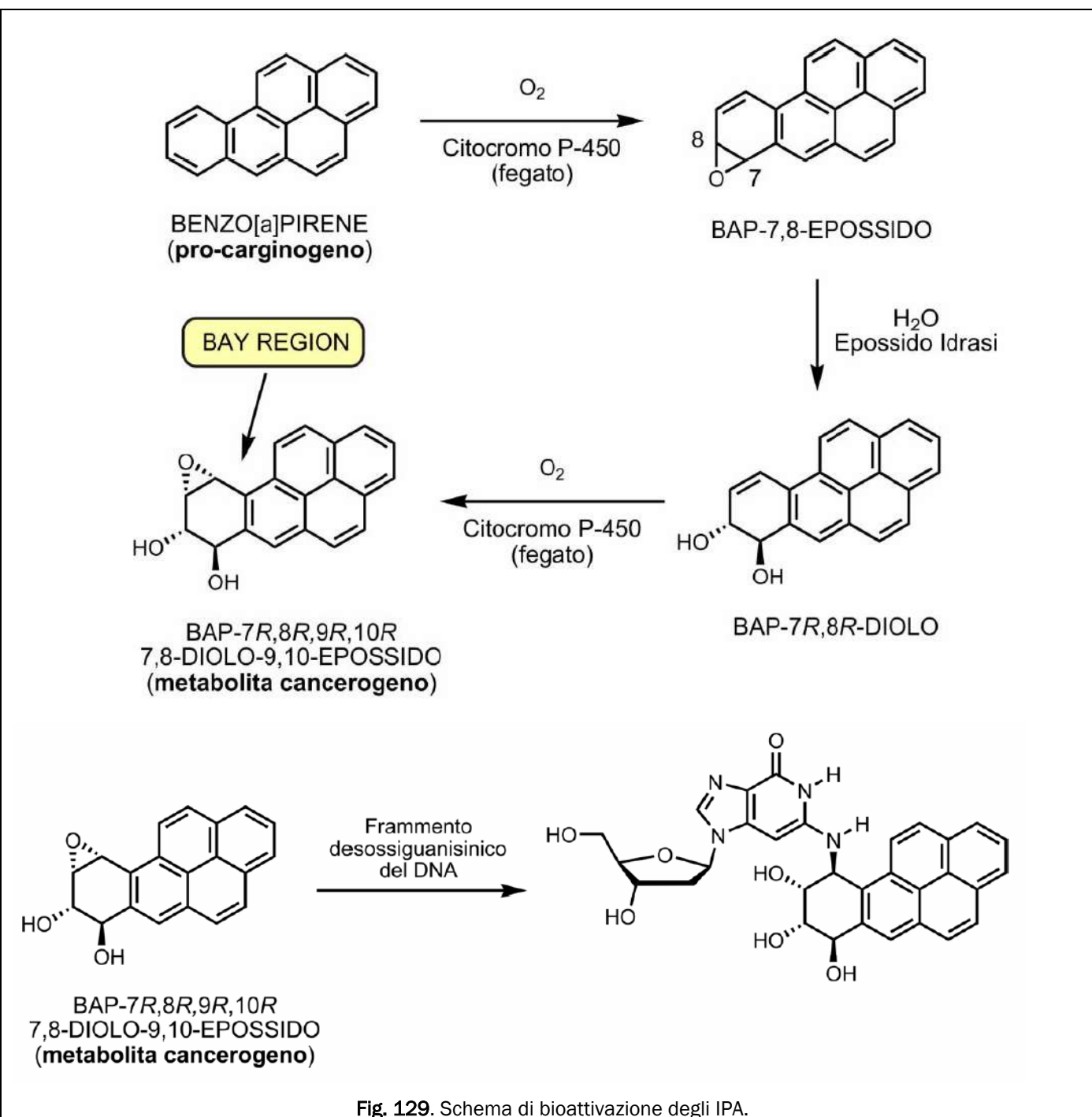


Fig. 128. La struttura degli IPA.

L'esposizione agli idrocarburi policiclici aromatici (IPA o PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons) può avvenire per inalazione, per ingestione o per via cutanea. Si diffondono velocemente nel corpo grazie alla loro liposolubilità e si accumulano nei reni, nel fegato e nel grasso. Provocano cancro allo stomaco, ai polmoni e alla pelle, ma prima devono essere attivati attraverso le vie metaboliche. Nell'era precedente le scoperte di



Watson e Crick, e prima che si dimostrasse che gli agenti carcinogeni si legavano al DNA, si riteneva che gli effetti carcinogenici di molecole come il dimetil-amino-benzene (DAB) o il benzopirene pentaciclico (BP) fossero dovuti alla loro interazione con le proteine in specifici tessuti. Più tardi, quando la sensibilità della rilevazione fu aumentata con la disponibilità di prodotti chimici marcati con atomi radioattivi, si è potuto dimostrare che carcinogeni come la mostarda azotata (N metil bis cloroetilamina), le N nitrosamine (ad es. n-nitroso-dimetilamina), nonché gli IPA come ad es. il BP, amine e amidi aromatiche come l'Acetoamino fluorene (AAF), e amino-azocoloranti come il DAB si legano al DNA in vivo.



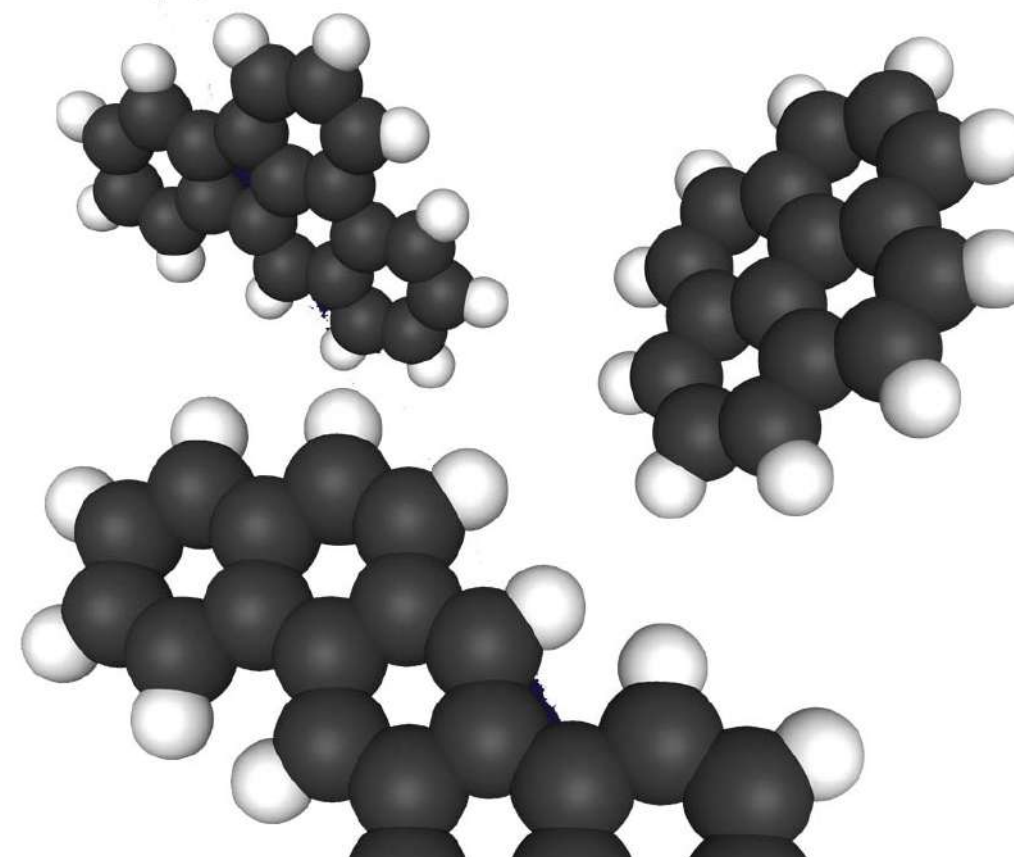
Tra i **procarcinogeni**, gli IPA sono sicuramente le molecole con le quali si viene più frequentemente a contatto. Sebbene essi siano stati isolati dal catrame di carbone, virtualmente, la combustione incompleta di ogni materiale organico può condurre alla formazione di IPA.

Questi composti sono perciò molto diffusi nell'ambiente. Le miscele contenenti IPA come le emissioni di stufe a carbone, la pece, la fuliggine, il fumo di sigarette sono classificati come carcinogeni accertati per l'uomo

sulla base di evidenze epidemiologiche. Lavorando sui metaboliti urinari dell'antracene, Boyland e Levi nel 1935 dimostrarono che gli IPA tossici potevano essere convertiti all'interno dell'organismo in sostanze patogeniche più attive oppure essere detossificati. Circa 20-25 anni più tardi è stato dimostrato che in questo processo sono coinvolti gli epossidi.

BOX La formazione degli Idrocarburi Policiclici Aromatici

La combustione di materiale organico, di qualunque natura esso sia, dal metano all'acetilene ai rifiuti solidi urbani, dà luogo alla formazione di sottoprodotti quali IPA pirogenici, fuliggini (soot, fly ash), ecc. La loro quantità è tanto maggiore quanto minore è la quantità di ossigeno in un generico sistema C/H/O rispetto alla quantità stechiometricamente richiesta per una totale conversione in CO e CO₂ del materiale organico. Il potere genotossico dei residui di combustione è stato inconsapevolmente sfruttato da secoli, p.es. l'uso come disinfettante del terreno dalle muffe. Inoltre, in passato era osservata una forte incidenza per morte da tumore negli spazzacamini.



Il 7,8 diidrodiolo, un prodotto del benzopirene attivato per via enzimatica, si lega al DNA con un'affinità più elevata rispetto al benzopirene da cui deriva. È stato successivamente osservato che un metabolita secondario, il 7,8 diidrodiolo, 9,10 epossido, (diolo epossido vicinale), è la specie chimica che interagisce covalentemente con il DNA e rappresenta infatti il carcinogeno terminale del benzopirene.

Questo conferma che i metaboliti diolo-epossidi del BP e di altri carcinogeni della classe degli IPA sono altamente mutageni e carcinogeni. Essi sono anche i metaboliti ultimi nella fase di iniziazione della tumorigenesi da IPA, in quanto si legano al DNA. È stato ampiamente dimostrato che gli IPA non sarebbero carcinogenici se non fossero metabolizzati da passaggi successivi di epossidazione e di idrolisi.

L'alterazione di geni che codificano per enzimi o fattori che sono coinvolti in questo ruolo di attivazione rende i topi resistenti agli effetti biologici del benzopirene. Molti potenti IPA agiscono come carcinogeni completi nel topo quando applicati ripetutamente per periodi di tempo prolungati.

Questi composti possono indurre mutazioni somatiche nei geni cruciali attraverso il legame al DNA (fase di iniziazione tumorale) e successiva crescita incontrollata di cellule trasformate in modo irreversibile (fase di promozione tumorale), perché possiedono anche una forte azione proinfiammatoria.

Inoltre il grado di tumorigenicità di differenti IPA si correla con i livelli di addotti del DNA generati nel tessuto polmonare. Sia le relazioni tra i livelli di legame al DNA e la mutagenicità come la correlazione tra il legame totale al DNA e la carcinogenicità osservata nei topi indica che la formazione di addotti del DNA è un importante bioindicatore del rischio di cancro che risulta dall'esposizione ai carcinogeni IPA e ad altri carconogeni genotossici.

Numerose altre sostanze chimiche sono riconosciute come potenziali carcinogeni oltre agli IPA: derivati organoalogenati tra cui le diossine ed i PCB (policlorobifenili), l'amianto, i metalli tossici - alcuni dei quali qualificati come metalli pesanti - come il piombo, il mercurio e il cadmio, i pesticidi, gli additivi alimentari (come i coloranti tipo giallo burro) e numerosi altri; alcuni di questi prodotti non sono o sono poco degradabili e persistono nell'ambiente, un gran numero contamina l'atmosfera, l'acqua, il suolo e la catena alimentare. Si ha infatti il fenomeno del bioincremento cioè si ha l'accumulo della sostanza negli animali dovuta al fatto che un animale che ha assunto la sostanza, viene mangiato da uno più grande, ed in quest'ultimo, preda dopo preda, la concentrazione del tossico nell'organismo aumenta fino a livelli patogeni. A maggior rischio sono dunque gli animali predatori e, tra questi, soprattutto l'uomo (predatore massimo dell'ecosistema terrestre).

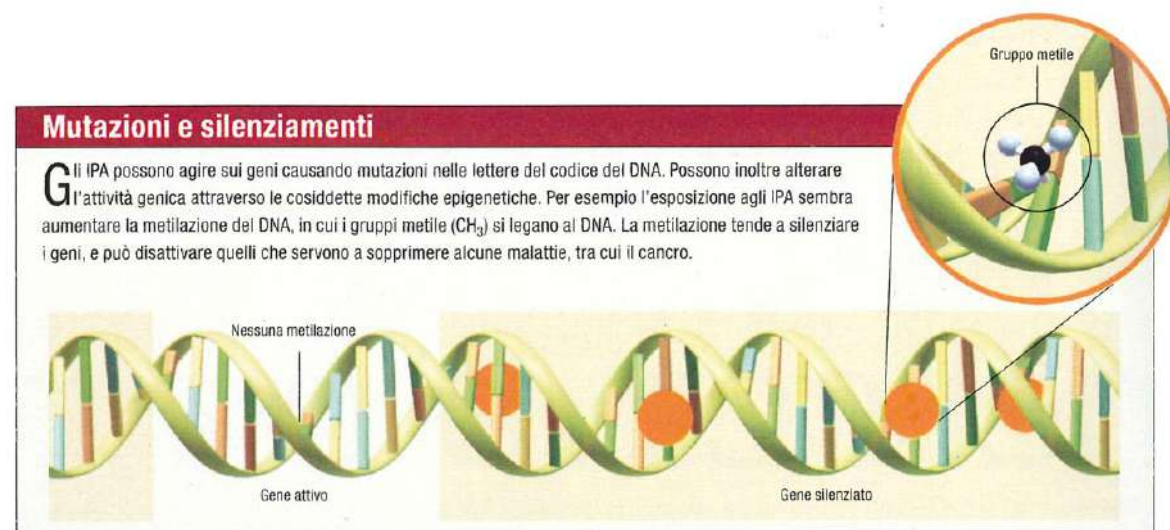


Fig. 130. IPA e mutazioni nel DNA (illustrazione tratta da "Le Scienze", ottobre 2008).

- Il particolato atmosferico (TSP e PM10) è in grado di provocare un danno genotossico evidente in assenza di citotossicità. Il danno al DNA è in parte causato dai radicali liberi dell'ossigeno in quanto la presenza, nel terreno di incubazione, degli enzimi antiossidanti (SOD e CAT) è in grado di ridurre tale danno in modo significativo.
- Il frazionamento degli estratti in base alla polarità dimostra che la frazione polare possiede il maggior potenziale genotossico.
- Il particolato atmosferico (TSP e PM10) è in grado di inibire la fagocitosi dei macrofagi alveolari con una riduzione pari al 35% per il TSP e pari al 45% per il PM10
- La frazione polare degli estratti (TSP e PM10), nelle quale sono presumibilmente presenti composti con struttura chinonica, è in grado di aumentare l'espressione genica della DT-diaforasi, enzima detossificante di notevole interesse tossicologico.

BOX

La lettera di Comunicazione dei risultati del progetto MISA-1

Risultati dello **studio epidemiologico italiano sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico urbano**. Epidemiologia e Prevenzione, Settembre 2001 - **Lettera di Comunicazione e Denuncia** indirizzata al Ministro della Salute; Ministro dell'Ambiente; Ministro dei Trasporti; Presidente Istituto Superiore di Sanità; Agenzia Nazionale Protezione Ambientale (ISPRA); Direttore Centro Europeo Ambiente e Salute, OMS, Roma; Presidente dell'ISTAT; Conferenza Permanente per i rapporti tra Stato e le Regioni; Presidenti Giunte Regionali delle Regioni Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto, Toscana, Lazio, Campania, Sicilia; Presidenti Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale (ARPA) delle regioni Piemonte, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto, Toscana, Lazio, Campania, Sicilia; Sindaci dei comuni di Torino, Milano, Verona, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Palermo; Legambiente; Federtrasporti.

Sono lieto di allegare il volume di "Epidemiologia e Prevenzione", rivista della Associazione Italiana di Epidemiologia (AIE), che riporta per esteso la metodologia e risultati della "MISA Metanalisi Italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico". Lo studio è stato condotto nell'ambito di un progetto di ricerca nazionale che ha visto la partecipazione di numerose istituzioni e ricercatori italiani. La stampa della monografia è stata supportata dall'AIE. I principali risultati vengono presentati nel corso del XXV Riunione annuale della Associazione Italiana di Epidemiologia "Epidemiologia e Ambiente: dall'identificazione al controllo dei rischi ambientali", Venezia, 3-6 Ottobre 2001 (www.epidemiologia.it).

L'indagine è stata condotta sulla popolazione di otto grandi città italiane (con circa 7 milioni di abitanti) valutando la relazione tra livelli giornalieri degli inquinanti atmosferici (Polveri - PM10 -, biossido di azoto, anidride solforosa, ossido di carbonio, ozono) ed eventi sanitari rilevanti quali la mortalità (totale, cause cardiache, cause respiratorie) e i ricoveri ospedalieri (cause cardiache e respiratorie) nel periodo 1990-1999. Questi i principali risultati:

- si è osservata una associazione statisticamente significativa fra ciascuno degli inquinanti studiati e ciascuno degli indicatori sanitari considerati. Fa eccezione l'ozono, che è risultato associato con la mortalità totale e cardiovascolare e con i ricoveri per cause respiratorie;
- le stime di rischio sono più elevate per gli esiti (mortalità, ricoveri) respiratori rispetto a quelli cardiaci;
- prendendo il PM10 (polveri fini) come parametro ambientale di riferimento, per ogni aumento di 10 µg/m3 di questo inquinante, si è osservato nel periodo 1995-99 nel complesso delle città considerate un incremento nel giorno stesso o nel giorno successivo del 1.3% nella mortalità totale, 1.4% nella mortalità cardiovascolare, 2.1% nella mortalità respiratoria, 0.8% nei ricoveri per cause cardiovascolari, 1.4% nei ricoveri per cause respiratorie;
- l'effetto dell'inquinamento sulla salute è quindi anche precoce e si realizza nell'arco temporale di qualche giorno;
- gli effetti degli inquinanti sono più pronunciati nei mesi più caldi dell'anno, anche perché si realizza una maggiore esposizione della popolazione che tende a stare di più all'aperto;
- le stime di rischio sono più elevate per la popolazione più anziana;
- l'entità dell'effetto ha un gradiente Nord - Sud.
- Il rischio è maggiore negli anni più recenti

Lo studio italiano documenta l'enorme rilevanza dell'inquinamento atmosferico per la salute dei cittadini delle grandi città italiane. La relazione tra esposizione a inquinanti - specie le polveri fini - ed effetti sanitari, è presente anche per modesti livelli di inquinamento e coerente con un modello «dose-risposta senza soglia»: con l'aumentare della concentrazione degli inquinanti, anche al di sotto dei livelli di attenzione e di allarme, aumenta il numero di persone affette da disturbi per la salute e non esiste una concentrazione al di sotto della quale non ci sono effetti sanitari. Se lo studio dell'OMS (presentato nel giugno 2000) aveva stimato in 3500 i decessi ogni anno attribuibili all'inquinamento atmosferico urbano nelle 8 grandi città, la pubblicazione della metanalisi italiana suffraga con dati empirici quelle che erano stime in gran parte basate su indagini condotte in altri Paesi.

I risultati della analisi italiana concordano con analoghe indagini su numerose città condotte negli Stati Uniti ed in Europa. Tuttavia, le stime di rischio nelle città italiane sono più elevate. Sono stati di recente pubblicati sulla rivista "Epidemiology" (Settembre 2001) i risultati della metanalisi sugli effetti delle polveri sottili condotta in 29 città in Europa (comprese Milano, Roma, Torino) (articolo allegato). Nel quadro europeo, gli effetti più elevati sono stati riscontrati nei paesi del mediterraneo, e tra questi proprio nelle città italiane. La ricerca delle ragioni di tali differenze, i motivi per i quali l'inquinamento urbano nel nostro Paese è particolarmente pericoloso, non è solo motivo di interesse scientifico, credo sia fonte di viva preoccupazione. Non solo sono chiamati in causa fattori climatici che aumentano i livelli di esposizione della popolazione, ma anche la tipologia delle emissioni nel nostro Paese, in particolare quelle derivanti dai veicoli diesel, potrebbero giocare un ruolo rilevante.



Queste osservazioni hanno importanti implicazioni in termini di politiche di sanità pubblica.

- Anche se le potenzialità dello studio di stimare il contributo di ciascuna delle sorgenti di inquinamento atmosferico - traffico veicolare, riscaldamento domestico, emissioni industriali - è limitata, le caratteristiche delle città indagate nello studio e della miscela di inquinanti esaminata suggeriscono un ruolo preminente del traffico veicolare.
- L'impatto positivo sulle emissioni da traffico derivante da miglioramenti tecnologici degli autoveicoli (benzine senza piombo e marmitte catalitiche) è importante ma molto limitato: è necessario un intervento più globale, inteso a ridurre la miscela complessiva di inquinanti prodotti dai veicoli a motore.
- Nessun miglioramento tecnologico sarà comunque sufficiente a compensare l'incontrollato aumento del volume di traffico veicolare. Il controllo della crescita del traffico, in particolare nelle aree urbane, è ineludibile se si vogliono evitare ulteriori pericoli per la salute.
- Non è possibile, al momento, individuare soglie nel livello degli inquinanti sotto le quali si possa affermare con una certa sicurezza che non esistono effetti avversi: la Unione Europea ha previsto pertanto una riduzione progressiva degli standard di qualità dell'aria. Appare importante dunque definire i passi operativi che si intendono adottare per ottemperare alla legislazione europea;
- La ricerca scientifica sui temi dell'inquinamento atmosferico in Italia non è supportata da uno sforzo organico per integrare professionalità e competenze di carattere ambientale, tossicologico, medico, epidemiologico e biostatistico. Occorre potenziare le attività di monitoraggio ambientale di alcuni inquinanti (con particolare attenzione alla composizione chimica e volumetrica delle polveri) e allo stesso tempo approfondire i nessi causali fra inquinamento atmosferico e salute, specie nei gruppi di popolazione più suscettibili quali bambini, anziani, ed affetti da patologie croniche.

Sono certo che i risultati della monografia allegata saranno oggetto di interesse scientifico e di dibattito nelle sedi istituzionali, e nutro anche la speranza che essi possano stimolare interventi di prevenzione e di rimozione del rischio. L'Associazione Italiana di Epidemiologia è da molti anni attenta ai problemi degli effetti sulla salute dell'ambiente e dell'ambiente urbano in particolare. Nell'esperienza acquisita in questi anni è stato possibile accumulare un patrimonio di competenze e creare una rete di collaborazioni tra specialisti diversi. Mi sembra doveroso mettere tali conoscenze e competenze a disposizione di quanti, avendo responsabilità istituzionali, intendono avviare iniziative concrete a protezione dei cittadini.

Cordiali saluti.

Francesco Forestiere
(Segretario AIE)

QUALITÀ DELL'ARIA E SALUTE: BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- Cox LH Statistical issues in the study of air pollution involving airborne particulate matter Environmetrics 2000; 11:611-626
- Schwela D Air pollution and health in urban areas Rev Environ Health 2000; 15:13-42
- Roth HD, Hwang PM, Yuanzhang Li Assessment of recent ozone short-term epidemiologic studies. Inhal Toxicol 2001;13:1-24
- Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. N Eng J Med 2000; 343: 1742-1749.
- Hoek G, Brunekreef B, Verhoeff A, van Wijnen J, Fischer P Daily mortality and air pollution in the Netherlands J Air & Waste Manage Assoc 2000; 50:1380-1389
- Sarnat JA, Schwartz J, Suh HH. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities. New Engl J Med 2001; 344.
- Fusco D, Forastiere F, Michelozzi P, Spadea T, Ostro B, Arcà M, Perucci CA. Gaseous air pollutants and hospital admissions for respiratory conditions in Rome, Italy. In stampa: European Respiratory Journal 2001.
- Schwartz J. What are people dying of on high air pollution days? Environ Res 64:26-35 (1994).
- Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A., Monopolis Y., Rossi G., Zmirou D., Ballester F., Boumghar A., Anderson HR., Wojtyniak B., Paldy A., Braunstein R., Pekkanen J., Schindler C., Schwartz J. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. Epidemiology 2001 (in press).
- Michelozzi P, Forastiere F, Fusco D, Perucci CA, Ostro B, Ancona C, Pallotti G. Air pollution and daily mortality in Rome, Italy. Occup Environ Med 1998 Sep;55(9):605-10.
- Katsouyanni K, Pantazopoulou A, Touloumi G, Tselepidaki I, Moustiris K, Asimakopoulos D, Pouloupoulou G, Trichopoulos D. Evidence for Interaction between Air Pollution and High Temperature in the Causation of Excess Mortality. Archives of Environmental Health 1993;48(4):235-42.
- Pekkanen J, Brunner EJ, Anderson HR, Tiittanen P, Atkinson RW Daily concentrations of air pollution and plasma fibrinogen in London Occup Environ Med 2000; 57:818-822
- Dockery DW, Pope CA III, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BG, Speizer FE. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. New Engl J Med 1993; 329: 1753-1759.
- Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE, Heath CW Jr. Particulate air pollution as predictor of mortality in a prospective study of US adults. Am J Resp Crit Care Med 1995, 151:669-674.
- APHEA Project. Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol. J Epidemiol Community Health, 1996;50 Suppl 1:S1-80.
- Samet J, Zeger SL, Dominici F, Curriero F, Coursac I, Dockery DW, Schwartz J, Zanobetti A. The National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study. Part II: Morbidity, Mortality and Air Pollution in the United States. Research Report HEI, 2000, 94:1-84.
- Burnett RT, Cakmak S, Brook JR The effect of the urban ambient air pollution mix on daily mortality rates in 11 Canadian cities. Can J Public Health 1998 May-Jun;89(3):152-6
- Lee JT, Kim H, Hong YC, Kwon HJ, Schwartz J, Christiani DC. Air pollution and daily mortality in seven major cities of Korea, 1991-1997. Environ Res 2000 Nov;84(3):247-54.
- Zeghnoun A, Eilstein D, Saviuc P, Filleul L, Le Goaster C, Cassadou S, Boumghar A, Pascal L, Medina S, Prouvost H, Le Tertre A, Declercq C, Quenel P. Monitorig of short-term effects of urban air pollution on mortality. Results of a pilot study in 9 French cities. Rev Epidemiol Sante Publique 2001 Feb;49(1):3-12
- Ballester Diez F, Saez Zafra M, Perez-Hoyos S, Daponte Codina A, Bellido Blasco JB, Canada Martinez A, Abad Diez JM, Perez Boillos MJ, Alonso Fustel ME, Taracido Trunk M, Aguinaga Ontoso I, Guillen Perez JJ, Ordonez Iriarte JM, Saurina Canals C, Tenias Burillo JM. The EMECAM project: a discussion of the results in the participating cities. Estudio Multicentrico Espanol sobre la Relacion entre la Contaminacion Atmosferica y la Mortalidad. Rev Esp Salud Publica 1999 Mar-Apr;73(2):303-14



Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 2000, 343: 1742-9

Fusco D, Michelozzi P, Spadea T, Forastiere F, Ferro S, Arcà M, Ostro B, Perucci CA. Gaseous air pollutants and emergency hospital admissions for cardiovascular disease in Rome. *Epidemiology* 1998;4(216):S76.

Rossi G, Vigotti MA, Zanobetti A, Repetto F, Gianelle V, Schwartz J. Air pollution and causespecific mortality in Milan, Italy, 1980-1989. *Arch Environ Health* 1999 May-Jun;54(3):158-64

Cadum E, Rossi G, Mirabelli D, Vigotti MA, Natale P, Albano L, Marchi G, Di Meo V,

Cristofani R, Costa G. [Air pollution and daily mortality in Turin, 1991-1996]. *Epidemiol Prev* 1999 Oct-Dec;23(4):268-76.

Lovison GF. "Metodi statistici per l'analisi dell'ambiente e delle interazioni ambiente-salute" MURST 1998 9813200739.

Lovison GF. "Statistica nella valutazione del rischio ambientale" MURST 2000 MM13208412.

Cattani S, Galassi C; Gruppo ITARIA. Inquinamento atmosferico in Italia. *Ann Ist Super Sanità* 2000;36(3):275-83

McMichael A, Anderson H, Brunekreef B, Cohen A. Inappropriate use of daily mortality analyses to estimate longer-term mortality effects of air pollution. *Int J Epidemiol* 1998; 27: 450-53.

Zeger SL, Dominici F, Samet J. Harvesting resistant estimates of air pollution effects on mortality. *Epidemiology* 1999, 10: 171-175.

Schwartz J. Harvesting and long-term exposure effects in the relationship between air pollution and mortality. *Am J Epidemiol* 2000, 151: 440-448.

Schwartz J. Is there harvesting in the association of airborne particles with daily deaths and hospital admissions ? *Epidemiology* 2001, 12: 55-61.

Daniels MJ, Dominici F, Samet JM, Zeger SL. Estimating particulate matter-mortality doseresponse curves and threshold levels: an analysis of daily time-series for the 20 largest US cities. *Am J Epidemiol* 2000, 152: 397-406

Schwartz J, Zanobetti A. Using meta-smoothing to estimate dose-response trends across multiple studies, with application to air pollution and daily death. *Epidemiology* 2000, 11: 666-72

Künzli N, Kaiser R, Medina S, Studnika M, Chanel , Filliger P, Herry M, Horak F, Jr Puybonnieux-Textier V, Quénel P, Schenfelder J, Seethaler R, Vergnaud J-C, Sommer H. Public Health Impact of Outdoor and Traffic Related Air Pollution: A European Assessment. *Lancet* 2000, 356: 795-801.

National Academy of Science 1998. Research priorities for Airborne Particulate Matter: I: Immediate Priorities and a Long-Range Research Portfolio. Committee on Research priorities for Airborne Particulate Matter, National Research Council. National Academy press, Washington, DC.

Kalkstein.LS Health and climate change. Direct impacts in cities. *Lancet* 1993; 342(8884):1397-9.

Saez M, Sunyer J, Castellsague J, Murillo C, Anto JM. Relationship between Weather Temperature and Mortality: A Time Series Analysis Approach in Barcelona. *International Journal of Epidemiology* 1995;24(3):576-82.

Michelozzi P, Fano V, Forastiere F, Barca A, Kalkstein L, Perucci CA. Weather conditions and elderly mortality in Rome during summer. *Bulletin of the World Meteorological Organization* 2000 Oct; 49 (4): 348-55.

Brunekreef B, Hoek G, Fischer P, Spijksma FT. Relation between airborne pollen concentrations and daily cardiovascular and respiratory-disease mortality. *Lancet*. 2000 Jun 24;355(9222):2254

Goldberg MS, Bailar JC III, Burnett RT, Brook JR, Tamblin R, Bonvalot Y, Ernst P, Flegel KM, Singh RK, Valois M-F. Identifying subgroups of the general population that may be susceptible to short-term increases in particulate air pollution: a time-series study in Montreal, Quebec. Health Effects Institute: Cambridge, MA, HEI Research Report No 97, October 2000.

